

XXI 112-1



Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung  
der Technischen Hochschule Braunschweig

---

Versuche auf Regendurchlässigkeit zur Klärung  
von Bauschäden an Außenwänden

von

o. Professor Dr.-Ing. habil. Th. Kristen  
Mitarbeiter: Dipl.-Ing. G. Blunk

November 1954

---

Die Untersuchungen wurden durchgeführt im Auf-  
trage des Herrn Bundesministers für Wohnungsbau,  
Forschungsauftrag II - 4118 Nr. 60

JK 699.82

## Inhaltsübersicht

	Seite
1. Einleitung	1
2. Arbeitsplan	2
3. Prüfung der Stein- und Mörtteleigenschaften	5
3.1 Abmessungen, Raumgewicht (Rohwichte) und Druckfestigkeit der Steine	5
3.2 Wasseraufnahme und Wasserabgabe	12
3.3 Wasseraufsaugefähigkeit	15
3.4 Besprechung der Ergebnisse	17
4. Beregnungsversuche an Wänden	21
4.1 Aufbau der Versuchswände	21
4.2 Versuchsanordnung und -durchführung	22
4.3 Ergebnisse	24
4.31 Wände aus Mauerziegeln	26
4.32 Wände aus Kalksand-Vollsteinen	34
4.33 Wände aus Hohlblocksteinen	39
4.34 Wände aus Leichtbeton-Vollsteinen	53
4.35 Wände aus Porenbetonsteinen	61
5. Schlußfolgerung aus den Versuchsergebnissen	66
5.1 Allgemeines	66
5.2 Anzahl, Art und Prüfung der Versuchswände	66
5.3 Versuchsergebnisse	67
5.31 Die unverputzten Wände	67
5.32 Die verputzten Wände	68
5.33 Der Einfluß der Fugenausbildung auf die Durchfeuchtung von Wänden	69
5.34 Das nachträgliche Austrocknen der Versuchswände	69
6. Zusammenfassung	69

## 1. Einleitung

Durch die Entwicklung neuer Leichtbetonsteine, Poren- und Lochziegel ist es heute möglich, verhältnismäßig dünne Außenwände, Wohnungstrennwände und Treppenhauswände mit ausreichendem Wärmeschutz auszuführen. Diese Dicken sind aber bei Außenwänden gegen starken Schlagregen nicht ausreichend, da sie sehr leicht durchfeuchten. Diese Durchfeuchtung hat nicht nur eine starke Verminderung des Wärmeschutzes zur Folge, sondern führt auch häufig zu Zerstörungen der Steine, des Innenputzes und des Anstrichs.

Der Zweck der folgenden Versuche war, die heute gebräuchlichen Wandbaustoffe auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Schlagregen zu prüfen und mit den bisherigen Bauarten zu vergleichen. Als Vergleichsunterlage wurden die Arbeiten von Thein<sup>1)</sup>, Meyer<sup>2)</sup>, und Saenger<sup>3)</sup> herangezogen. Insbesondere sollte auch der Einfluß der Mörtelfuge und des Außenputzes auf die Regendurchlässigkeit der Wände geprüft werden. Die Mittel zur Durchführung dieser Versuche wurden vom Bundesministerium für Wohnungsbau im Rahmen eines Forschungsauftrages "Versuche auf Regendurchlässigkeit zur Klärung von Bauschäden an Außenwänden" zur Verfügung gestellt.

- 
- 1) Thein "Untersuchungen über die Regendurchlässigkeit von Ziegelrohbaumauerwerkskörpern bei künstlicher Schlagregenwirkung", Dissertation Braunschweig 1931
  - 2) Meyer "Klinker und Fuge", Berlin 1933
  - 3) Saenger "Untersuchungen über den Wetterschutz von Putzbauten", Bauwirtschaft 1950



## 2. Arbeitsplan

Der Arbeitsplan für die Versuche wurde mit Herrn Oberregierungsbaurat Bröcker vom Schleswig-Holsteinschen Ministerium für Arbeit, Soziales und Vertriebene aufgestellt und von einer Arbeitsgruppe, die aus den Herren

Professor Dr.-Ing. Kristen, Braunschweig (Obmann)

Dipl.-Ing. Beidatsch, Kiel

Oberreg.-Baurat Bröcker, Kiel

Oberbaurat Moeller, Hamburg

Oberreg.- und Baurat Dr.-Ing. Triebel, Hannover

bestand, geprüft und gutgeheißen. Den Herren der Arbeitsgruppe sei an dieser Stelle für ihre Mitarbeit der Dank des Instituts ausgesprochen.

Der Arbeitsplan sah zunächst die künstliche Beregnung von vierzehn Wandbaustoffen im verputzten und unverputzten Zustande, vollfugig oder hohlfugig im Kalkzementmörtel oder Kalkmörtel vermauert, vor. Insgesamt waren 62 Versuchswände von mindestens 1 m<sup>2</sup> Größe zu beregnen. Im Verlauf der Versuche erwies es sich aber als zweckmäßig, den ursprünglichen Arbeitsplan zu kürzen. So war zum Beispiel der Zeit der Beregnung bis zur ersten Durchfeuchtung der Versuchswände erheblich unterschätzt. Deshalb wurde auf Versuche, die keine weiteren Ergebnisse erwarten ließen, verzichtet. Dieser gekürzte Arbeitsplan umfaßte die vierzehn verschiedenen Wandbaustoffe, jedoch wurde die Anzahl der Versuchswände auf 40 beschränkt.

Vor der Beregnung der Wände war es erforderlich, die Eigenschaften der verwendeten Steine und Mörtel zu bestimmen, um den Einfluß dieser Eigenschaften auf die Durchfeuchtung festzustellen.

Der endgültige Arbeitsplan sah folgende Versuche vor :



a) Prüfung der Steine und Mörtel.

Aus 14 verschiedenen Wandbaustoffen wurden mit 2 Mörteln 40 Versuchswände gebaut. Die verwendeten Steine wurden auf Abmessungen, Raumgewicht (Rohwichte) und Druckfestigkeit, die Mörtel auf Druckfestigkeit nach den Normen geprüft. Außerdem wurden für Steine und Mörtel Wasseraufnahme und -abgabe festgestellt.

b) Berechnungsversuche der Wände.

Es wurden 40 Versuchswände mit den Abmessungen von etwa 1,0 x 1,0 m geprüft. (Zahlentafel 1)  
10 Versuchswände erhielten einen Außenputz, 30 blieben unverputzt. Als Außenputz wurde ein zweilagiger Putz auf einen Zementvorwurf aufgebracht. Der Unterputz bestand aus Kalkzementmörtel 1 : 2 : 8 Rtl., der Oberputz aus Kalkmörtel 1 : 3,5 Rtl.

Als Mauermörtel wurden Kalk- und Kalkzementmörtel gewählt. Besonderer Wert ist auf eine einwandfreie Fugenausbildung gelegt. Die Fugendicken entsprachen DIN 1053. Außerdem wurden die Fugen voll- oder hohlfugig vermauert, und in einem Fall die Stoßfugen vergossen. (Zahlentafel 1)  
Bei der hohlfugigen Vermauerung sind nur die äußeren Drittel der Lager- und Stoßfugen vermörtelt. Unter vergossen wird verstanden, daß der mittlere Teil der Stoßfugen vergossen ist, die Steine knirsch aneinander gestoßen und die Lagerfugen vollfugig vermauert sind.

Zahlentafel 1 Zusammenstellung der Versuchswände

1	2	3	4	5	6	7	
Versuchswand Nr.	S t e i n e		Dicke cm	Mauer- mörtel	Fugen	Außen- putz	
1 2 3	Mauer- ziegel	Vollziegel MZ 100	38	KZ KZ K	voll	ja nein nein	
4 5 6		Hochloch- ziegel	24	KZ	voll voll hohl	ja nein nein	
7 8		Langloch- ziegel	30	KZ	voll hohl	nein nein	
9 10 11 12 13		Kalksand- Voll- steine	Kalksand- Vollsteine	38 38 38 25 27,5 <sup>x</sup>	KZ KZ K KZ KZ	voll	ja nein nein nein ja
14 15 16 17		Leicht- beton - Hohl- block- steine	Ziegelsplitt- Hohlblock- stein (Dreik.)	24	KZ	voll voll hohl vergossen	ja nein nein nein
18 19			Ziegelsplitt- Hohlblock- stein(Vierk.)	30	KZ	voll hohl	nein nein
20 21 22	Schlacken- Hohlblock- stein(Zweik.)		24	KZ	voll voll hohl	ja nein nein	
23 24 25	Naturbims- Hohlblock- stein(Zweik.)		24	KZ	voll voll hohl	ja nein nein	
26 27	Kalksand- Hohlblock- stein		24	KZ	voll hohl	nein nein	
28 29 30	Leicht- beton - Voll- steine		Ziegelsplitt- Vollstein	24	KZ	voll voll hohl	ja nein nein
31 32 33			Schlacken- Vollstein	24	KZ	voll voll hohl	ja nein nein
34 35			Naturbims- Vollstein	24	KZ	voll hohl	nein nein
36 37 38		Poren- beton - Wand - Bau- steine	Ytong	20	KZ	voll voll hohl	ja nein nein
39 40			Siporex	20	KZ	voll hohl	nein nein
<sup>x</sup> verkleidet innen mit 2,5 cm dicker Holzwolleleichtbauplatte							



### 3. Prüfung der Stein- und Mörtel Eigenschaften

Die für den Aufbau der Versuchswände erforderlichen Baustoffe wurden aus dem Handel bezogen und aus einer größeren Anzahl die Steine wahllos für die Prüfungen entnommen. Die Anfertigung der Mörtelprobekörper erfolgte bei der Aufmauerung der Wände durch Facharbeiter des Instituts.

#### 3.1 Abmessungen, Raumgewicht (Rohwichte) und Druckfestigkeit der Steine.

Auf Grund der Druckfestigkeitsergebnisse der aus dem Handel bezogenen Baustoffe wurden die Wände aus folgenden Steinen aufgemauert:

##### a.) Mauerziegel

Vollziegel, Mz 100

Hochlochziegel

Langlochziegel

##### b.) Mauersteine

Kalksandvollstein,

##### c.) Hohlblocksteine

Ziegelsplitt - Hohlblockstein, Dreikammerstein

Ziegelsplitt - Hohlblockstein, Vierkammerstein

Schlacken - Hohlblockstein, Zweikammerstein

Naturbims - Hohlblockstein, Zweikammerstein

Kalksand - Hohlblockstein

##### d.) Leichtbeton - Vollsteine

Ziegelsplitt - Vollstein

Schlacken - Vollstein

Naturbims - Vollstein

##### e.) Porenbetonsteine

"Ytong", Güteklasse 50

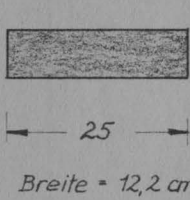
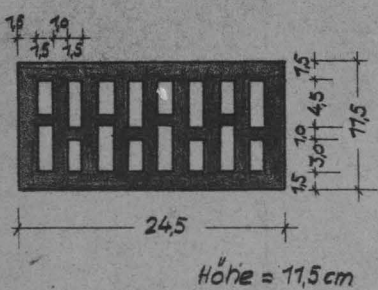
"Siporex", Güteklasse 25

Die ermittelten Ergebnisse sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt.



Zahlentafel 2

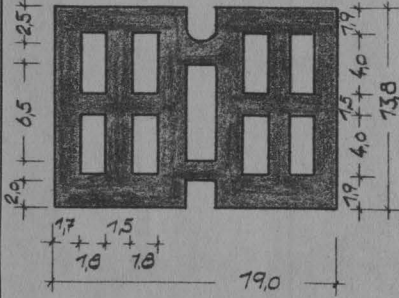
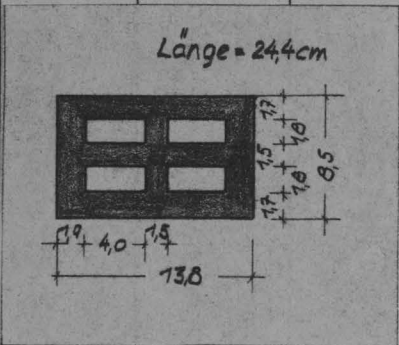
ABMESSUNGEN, RAUMGEWICHT UND DRUCKFESTIGKEIT DER STEINE

Lfd. Nr.	Verwendete Baustoffe	Versuch Nr.	Abmessungen in cm			Raum- <sup>x)</sup> gewicht kg/m <sup>3</sup>	Druck- festig- keit kg/cm <sup>2</sup>
			Länge	Breite	Höhe		
1	Vollziegel MZ 100	1	 <p>Breite = 12,2 cm</p>			1.480	135
		2				1.510	118
		3				1.500	152
		4				1.450	136
		5				1.460	142
		6				1.520	165
		7				1.490	125
		8				1.440	108
		9				1.490	167
		10				1.460	133
		Mittel	25,0	12,2	6,8	1.480	138
2	Hochloch- ziegel	1	 <p>Höhe = 11,5 cm</p>			1.030	170
		2				1.000	213
		3				1.130	126
		4				1.060	170
		5				1.130	139
		6				1.110	178
		7				1.100	130
		8				1.040	139
		9				1.050	181
		10				1.050	167
		Mittel	24,5	11,5	11,5	1.070	161

x)

Raumgewicht bezogen auf das Volumen des ganzen Steines, einschließlich der Hohlräume.

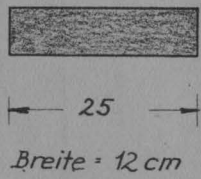
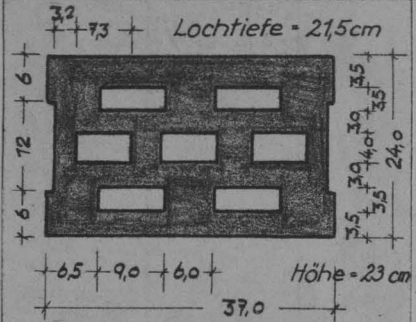
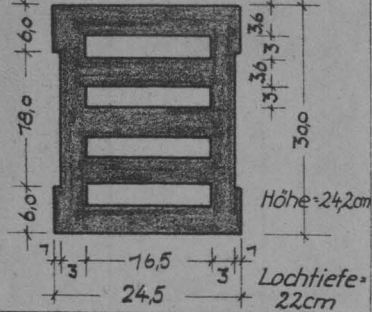
Zahlentafel 2 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Verwendete Baustoffe	Versuch Nr.	Abmessungen in cm			Raum- <sup>x)</sup> gewicht kg/m <sup>3</sup>	Druck- festig- keit <sup>2</sup> kg/cm <sup>2</sup>
			Länge	Breite	Höhe		
3	Langloch- ziegel Form 1	1				1.410	158
		2				1.370	151
		3				1.370	152
		4				1.430	150
		5				1.400	154
		6				1.360	153
		7				1.350	150
		8				1.340	151
		9				1.380	155
		10				1.390	154
	Form 2						
		Mittel	24,9	19,0	13,8	1.380	153

x)

Raumgewicht bezogen auf das Volumen des ganzen Steines, einschließlich der Hohlräume.

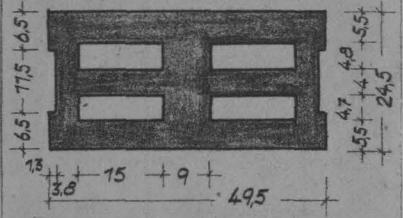
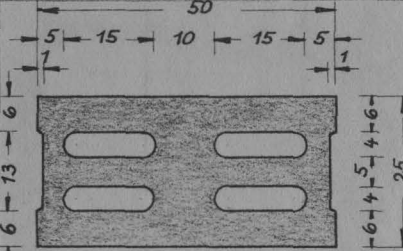
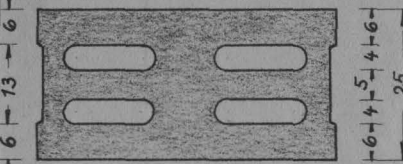
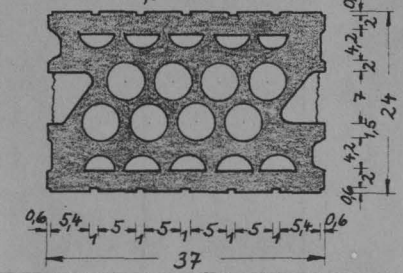
Zahlentafel 2 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Verwendete Baustoffe	Versuch Nr.	Abmessungen in cm			Raum- <sup>x)</sup> gewicht kg/m <sup>3</sup>	Druck- festig keit kg/cm <sup>2</sup>
			Länge	Breite	Höhe		
4	Kalksand- Vollstein	1	 <p>25 Breite = 12 cm 6,6</p>			1.970	152
		2				1.810	150
		3				1.950	147
		4				1.870	162
		5				1.910	143
		6				1.890	142
		7				1.870	156
		8				1.940	153
		9				1.910	154
		10				1.880	159
		Mittel	25,0	12,0	6,6	1.900	152
5	Hohlblock- stein aus Ziegel- splitt- beton (Dreikam- merstein)	1	 <p>Lochtiefe = 21,5 cm 37,0 24,0 Höhe = 23 cm</p>			1.050	50
		2				1.120	56
		3				1.070	55
		4				1.090	45
		5				1.130	52
		6				1.020	57
		Mittel	37,0	24,0	23,0	1.080	52
6	Hohlblock- stein aus Ziegel- splitt- beton (Vierkam- merstein)	1	 <p>Höhe = 24,2 cm 24,5 30,0 Lochtiefe = 22 cm</p>			950	30
		2				970	31
		3				960	38
		4				970	38
		5				940	38
		6				970	26
		Mittel	24,5	30,0	24,2	960	34

<sup>x)</sup> Raumgewicht bezogen auf das Volumen des ganzen Steines, einschließlich der Hohlräume.

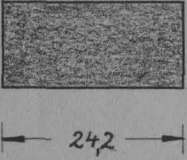
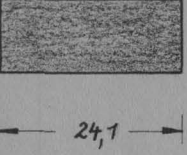


Zahlentafel 2 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Verwendete Baustoffe	Versuch Nr.	Abmessungen in cm			Raum- <sup>x)</sup> gewicht kg/m <sup>3</sup>	Druckfestigkeit kg/cm <sup>2</sup>
			Länge	Breite	Höhe		
7	Hohlblockstein aus Schlackenbeton (Zweikammerstein)	1	Höhe = 23,2 cm Lochtiefe = 20 cm			1.070	30
		2				1.010	40
		3				1.060	33
		4				1.050	36
		5				1.030	35
		6				1.070	39
		Mittel	49,5	24,5	23,2	1.050	36
8	Hohlblockstein aus Naturbimsbeton (Zweikammerstein)	1				810	34
		2				760	30
		3				770	38
		4				770	41
		5				760	29
		6				810	29
		Mittel	50,0	25,0	22,0	780	34
9	Kalksand-Hohlblockstein	1	Höhe = 23,5 cm, Lochtiefe = 23 cm			1.010	34
		2				1.010	42
		3				950	36
		4				980	48
		5				1.000	45
		6				990	39
		Mittel	37,0	24,0	23,5	990	41

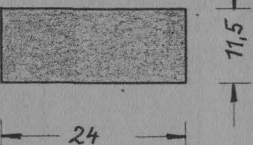
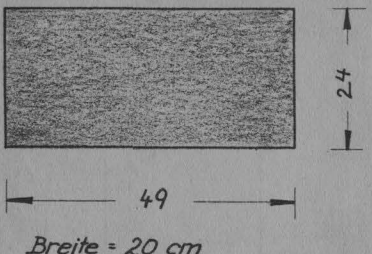
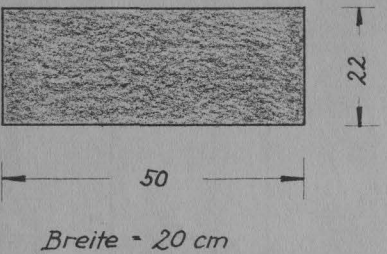
x) Raumgewicht bezogen auf das Volumen des ganzen Steines, einschließlich der Hohlräume.

Zahlentafel 2 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Verwendete Baustoffe	Versuch Nr.	Abmessungen in cm			Raum- <sup>x)</sup> gewicht kg/m <sup>3</sup>	Druck- festig- keit kg/cm <sup>2</sup>
			Länge	Breite	Höhe		
10	Vollstein aus Ziegelsplitt- beton	1	<div style="text-align: center;"> <i>Breite = 11,6 cm</i>   </div>			1.410	52
		2				1.380	50
		3				1.390	60
		4				1.370	60
		5				1.340	54
		6				1.350	62
		7				1.380	63
		8				1.390	66
		9				1.410	43
		10				1.370	46
		Mittel	24,2	11,6	11,3	1.380	56
11	Vollstein aus Schlackenbeton	1	<div style="text-align: center;"> <i>Breite = 12,2 cm</i>   </div>			1.270	56
		2				1.270	59
		3				1.250	55
		4				1.330	66
		5				1.340	69
		6				1.270	64
		7				1.310	39
		8				1.260	61
		9				1.270	58
		10				1.290	65
		Mittel	24,1	12,2	10,0	1.280	59

<sup>x)</sup> Raumgewicht bezogen auf das Volumen des ganzen Steines, einschließlich der Hohlräume.

Zahlentafel 2 (Fortsetzung)

Lfd. Nr.	Verwendete Baustoffe	Versuch Nr.	Abmessungen in cm			Raum- <sup>x)</sup> gewicht kg/m <sup>3</sup>	Druck- festig- keit kg/cm <sup>2</sup>
			Länge	Breite	Höhe		
12	Vollstein aus Naturbimsbeton	1				790	25
		2				770	24
		3				740	25
		4				730	26
		5				750	26
		6				790	24
		7				780	25
		8				760	27
		9				750	26
		10				720	27
		Mittel	24,0	11,5	11,5	760	26
13	Wandbaustein aus Porenbeton (Ytong)	1				960	47
		2				860	52
		3				880	53
		4				850	45
		5				910	53
		6				870	58
		Mittel	49,0	20,0	24,0	890	51
14	Wandbaustein aus Porenbeton (Siporex)	1				880	25
		2				860	31
		3				840	31
		4				840	27
		5				880	28
		6				860	26
		Mittel	50,0	20,0	22,0	860	29

x)

Raumgewicht bezogen auf das Volumen des ganzen Steines, einschließlich der Hohlräume.



### 3.2 Wasseraufnahme und Wasserabgabe

Die Prüfung der Wasseraufnahme und Wasserabgabe ist jeweils an mindestens 3 Probekörpern gleicher Art vorgenommen. Die Steine wurden in normaler Größe für den Versuch verwendet. Die Abmessungen der in Holzformen auf Stahlunterlagen angefertigten Mörtelprobekörper betrugen 25 x 12 x 3 cm. Alle Probekörper wurden zunächst bis auf etwa  $\frac{1}{4}$  ihrer Länge aufrecht in Wasser von Zimmertemperatur gestellt, nach 1 Stunde ist das Wasser bis zur Hälfte, nach 3 Stunden ganz aufgefüllt. Die Wasseraufnahme wurde nach 1, 3 und 24 Stunden, sowie nach 2, 4, 7, 14, 21, 28 und 35 Tagen von Beginn der Wasserlagerung an gewichtsmäßig festgestellt. Vor der Wägung wurden die Probekörper 2 Minuten lang auf ein Lattenrost zum Abtropfen gestellt.

Nach dieser Lagerung kamen die Probekörper auf einen Lattenrost in einen Raum mit 60 % relativer Luftfeuchtigkeit und einer Temperatur von 18 bis 20° C. Nach 6 Stunden, 1, 3, 7, 14, 21, 28, 35, 42 und 49 Tagen wurden die Probekörper gewogen und die Gewichtsveränderung festgestellt. Anschließend wurden die Probekörper in einem Trockenschrank bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Die Wasseraufnahme und Wasserabgabe in Gewichtsprozent bezog sich auf das Trockengewicht.

Die Mittelwerte für die Wasseraufnahme und Wasserabgabe der Steine sind in Zahlentafel 3 und für die Mörtel in Zahlentafel 3a in Gewichts-% eingetragen und außerdem in Abb. 1 graphisch dargestellt.



Zahlentafel 3

WASSERAUFNAHME und WASSERABGABE der STEINE in GEWICHTS-%

Lfd. Nr.	Verwendete Baustoffe	Wasseraufnahme ( nach Wasserlagerung )										Std.	Wasserabgabe ( nach Luftlagerung )									
		S t u n d e n			T a g e								T a g e									
		1 <sup>x)</sup>	3 <sup>xx)</sup>	24 <sup>xxx)</sup>	2	4	7	14	21	28	35		1	3	7	14	21	28	35	42	49	
1	Vollziegel MZ 100.	13,1	22,4	23,3	23,6	24,4	24,6	25,8	26,2	26,6	26,9	26,7	26,5	23,6	22,0	19,2	13,5	6,5	3,8	1,3	0,4	
2	Hochlochziegel	14,0	19,0	19,5	22,2	22,3	22,4	22,8	22,9	23,1	23,3	23,0	22,2	18,0	13,0	7,1	3,2	1,1	0			
3	Langlochziegel	0,6	1,6	3,1	3,7	4,4	4,4	4,9	4,9	5,1	5,7	5,1	4,5	3,8	3,5	3,2	2,9	2,3	2,0	2,0	1,7	
4	Kalksand-Vollstein	3,7	6,5	10,6	11,2	11,2	11,2	11,4	11,4	11,5	11,8	11,6	11,4	8,7	7,5	6,4	4,9	4,2	3,3	2,9	2,7	
5	Hohlblockstein aus Ziegelsplittbeton (Dreikammerstein)	8,3	13,3	15,5	17,7	18,6	19,1	20,0	20,9	21,0	21,0	18,1	17,5	15,9	13,0	8,4	5,1	3,9	2,9	2,6	2,6	
6	Hohlblockstein aus Ziegelsplittbeton (Vierkammerstein)	7,6	12,7	17,9	18,0	18,9	19,3	19,5	19,7	20,0	20,6	19,2	18,4	16,3	15,3	11,4	9,6	6,7	4,2	3,4	2,9	
7	Hohlblockstein aus Schlackenbeton (Zweikammerstein)	5,8	8,8	11,7	14,4	16,0	16,2	16,3	16,5	16,9	17,0	14,8	14,0	13,1	12,2	7,9	7,0	5,5	4,6	4,0	3,8	
8	Hohlblockstein aus Naturbims (Zweikammerstein)	10,4	15,4	19,9	21,3	22,8	24,7	25,9	27,6	28,9	29,2	25,6	24,9	22,8	19,5	15,5	10,3	8,1	6,0	5,0	3,4	
9	Kalksand-Hohlblockstein	11,7	15,2	16,2	16,3	16,5	16,5	16,5	16,6	16,6	16,7	16,6	16,4	16,1	15,0	10,6	8,1	6,3	5,0	4,3	2,9	
10	Vollstein aus Ziegelsplittbeton	9,2	13,6	17,4	19,4	20,1	20,6	21,0	21,5	21,9	21,9	19,2	18,4	15,4	11,1	4,8	3,0	2,6	2,2	2,1	2,1	
11	Vollstein aus Schlackenbeton	10,5	13,8	18,9	20,4	21,8	21,9	23,2	23,2	23,3	23,6	22,8	21,2	17,1	14,9	11,6	8,8	7,7	7,0	6,9	6,7	
12	Vollstein aus Naturbimsbeton	21,0	27,7	32,8	34,3	36,1	38,3	41,3	44,1	46,0	47,3	41,8	40,4	35,2	26,8	15,9	11,0	9,0	7,3	7,0	6,8	
13	Wandbaustein aus Porenbeton (Ytong)	33,6	40,8	58,8	61,2	62,7	63,8	66,3	68,5	69,9	70,8	69,6	68,9	64,2	54,8	40,3	29,2	24,3	20,4	18,8	14,7	
14	Wandbaustein aus Porenbeton (Siporex)	22,3	33,1	46,9	51,2	54,5	57,2	61,3	64,2	66,6	68,4	65,8	64,2	57,9	45,9	26,8	16,0	11,0	8,1	7,5	7,0	

Zahlentafel 3a

WASSERAUFNAHME und WASSERABGABE der MÖRTEL in GEWICHTS-%

Lfd. Nr.	Mörtel	Wasseraufnahme ( nach Wasserlagerung )											Wasserabgabe ( nach Luftlagerung )									
		S t u n d e n			T a g e																	
		1 <sup>x)</sup>	3 <sup>xx)</sup>	24 <sup>xxx)</sup>	2	4	7	14	21	28	35		6	1	3	7	14	21	28	35	42	49
1	Kalkzementmörtel	8,33	11,70	12,51	12,68	12,73	12,71	-	-	-	-	12,15	10,30	4,36	2,78	1,50	1,47	-	-	-	-	
2	Kalkmörtel	9,73	12,40	12,81	12,95	13,07	12,98	-	-	-	-	12,39	10,29	3,67	1,26	0,73	0,67	-	-	-	-	

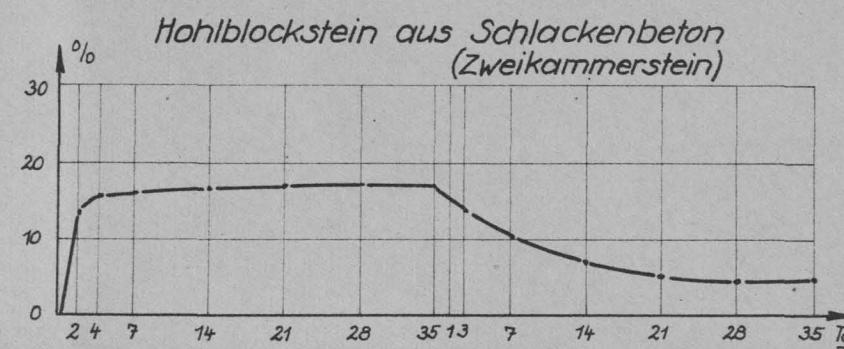
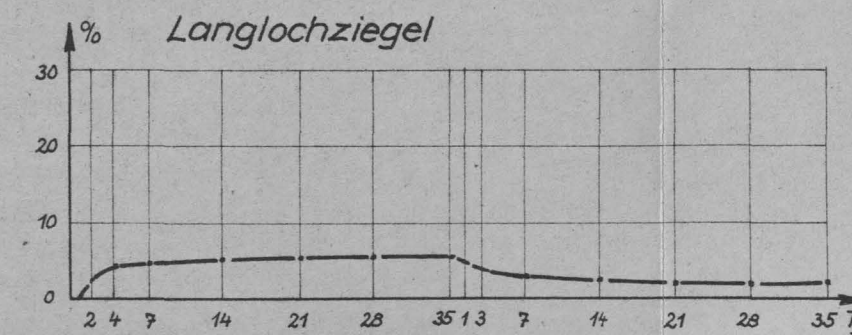
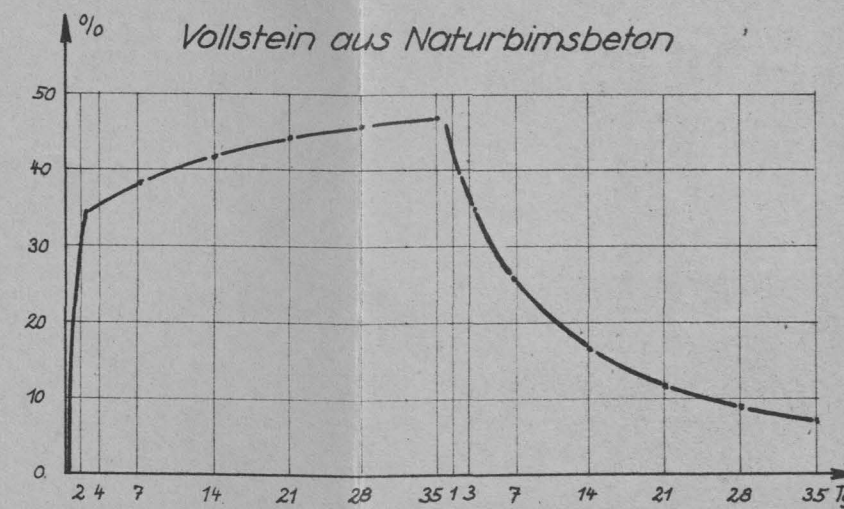
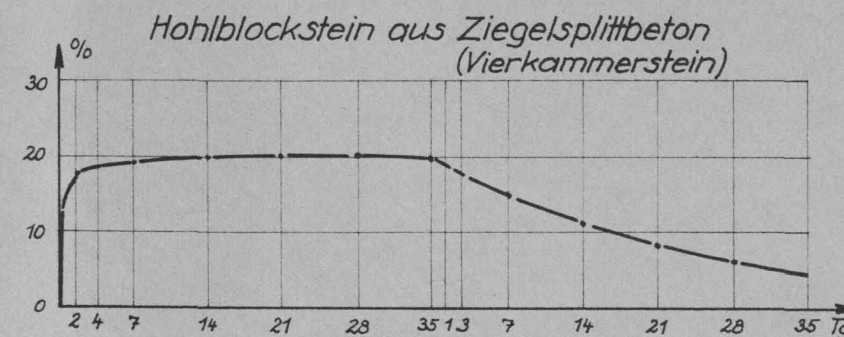
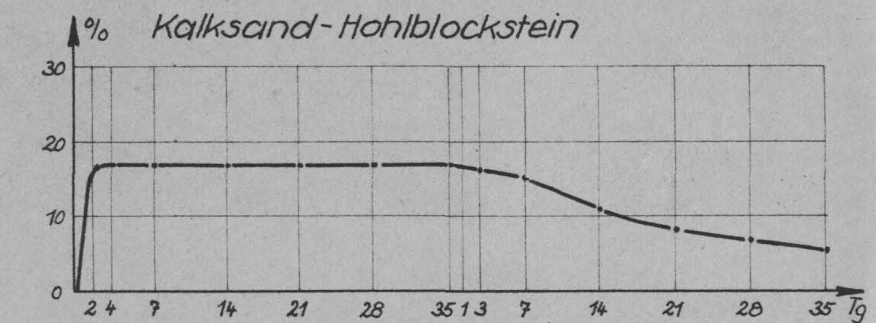
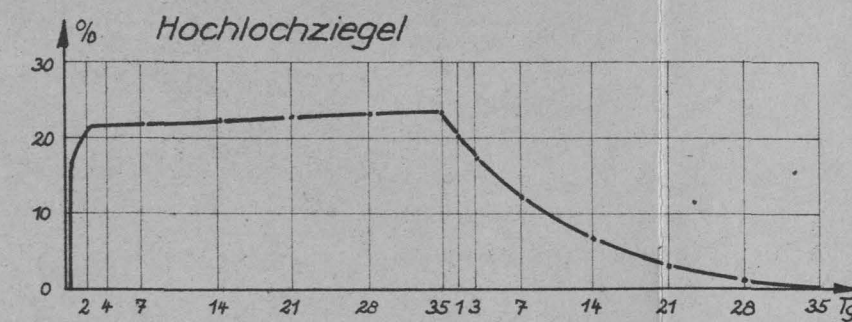
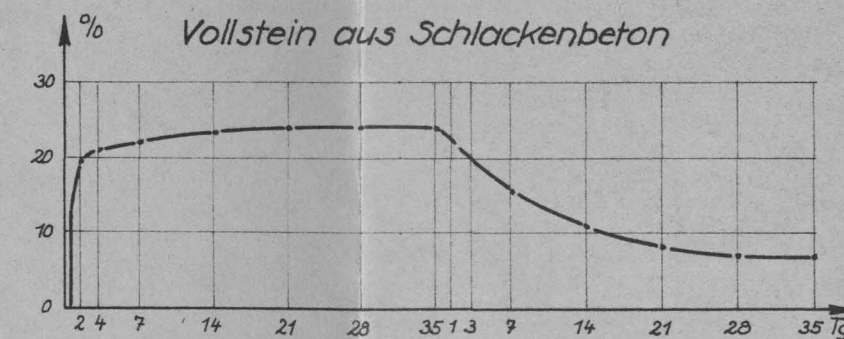
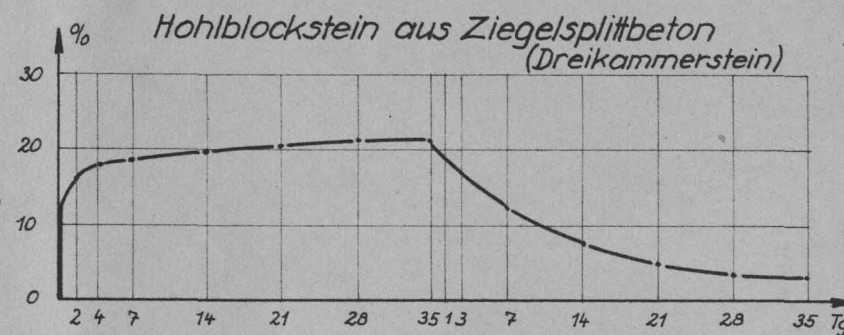
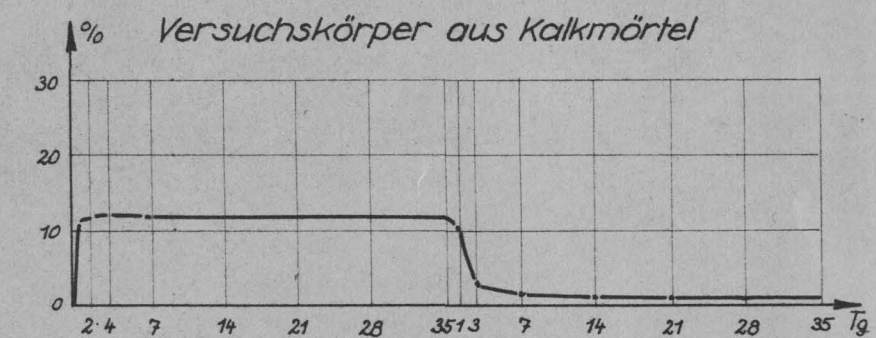
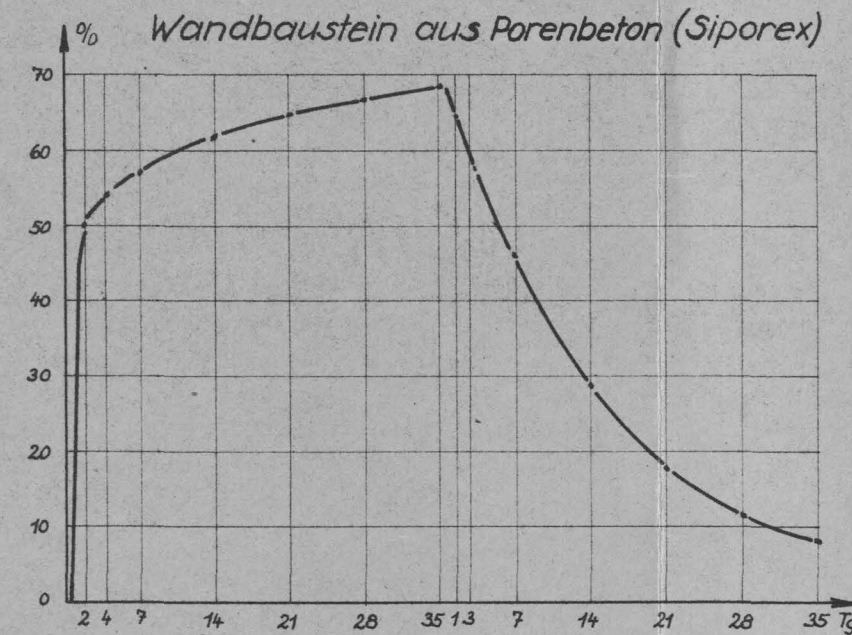
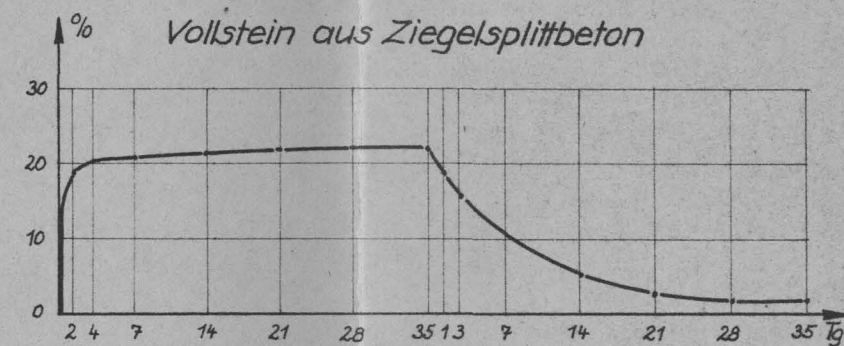
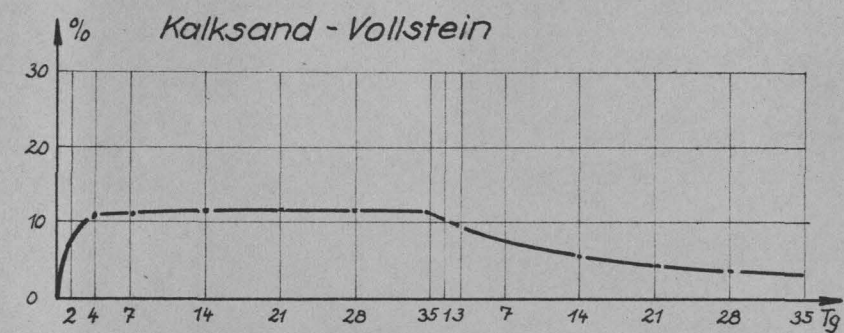
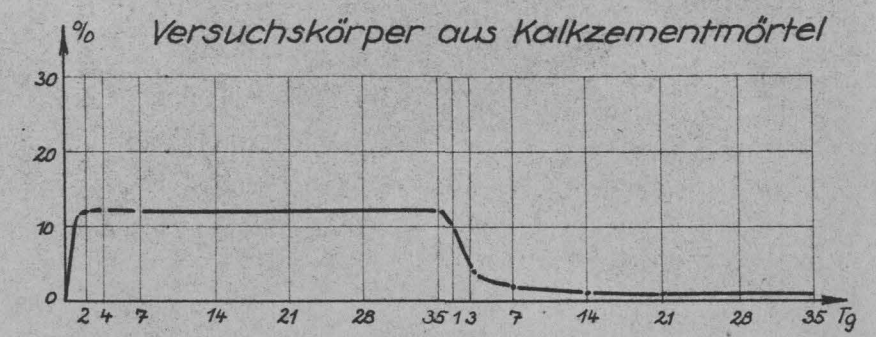
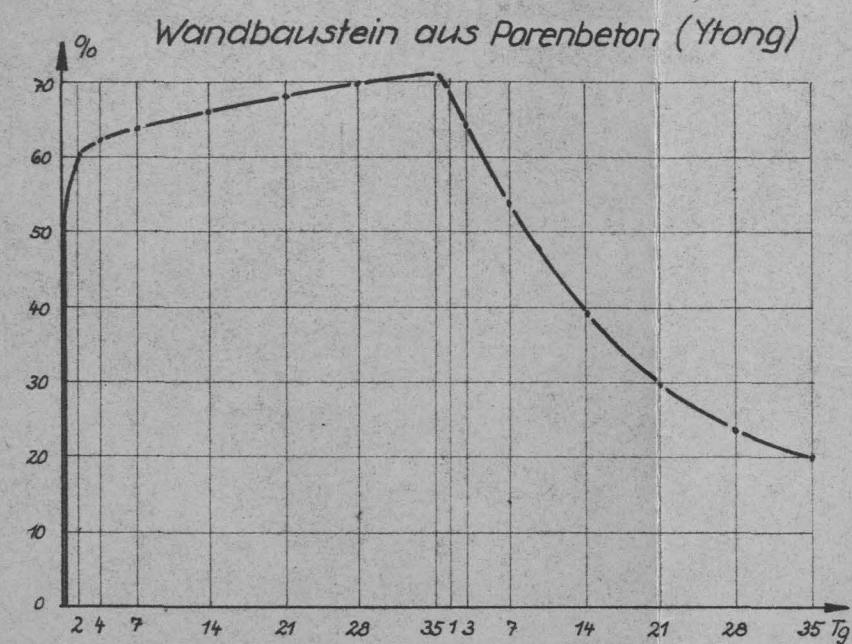
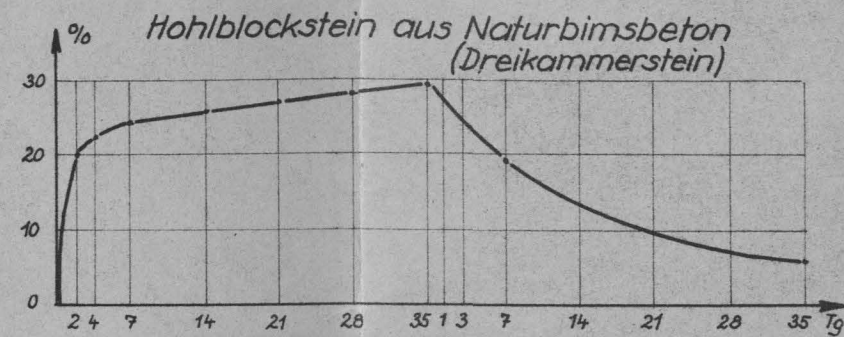
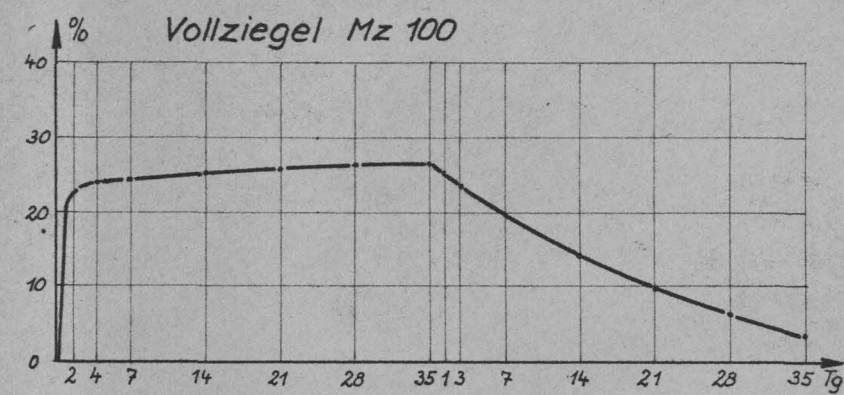
x) 1/4 unter Wasser

xx) 1/2 unter Wasser

xxx) 3/4 unter Wasser



Abb.1 Wasseraufnahme und Wasserabgabe in Gewichts - %





### 3.3 Wasseraufsaugefähigkeit

Die Probekörper lagerten für die Prüfung der Wasseraufsaugefähigkeit vor Beginn der Prüfung 28 Tage in einem Raum mit etwa 60 % relativer Luftfeuchtigkeit und einer Temperatur von 18 bis 20°. Nach Beendigung der Versuche wurden die Probekörper in einem Trockenschrank bei 105° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und das Raumgewicht bestimmt. Die Prüfung der Wasseraufsaugefähigkeit ist wie folgt durchgeführt:

Die Probekörper wurden in Zinkwannen mit einer Grundfläche von 90 x 90 cm in Wasser von Zimmertemperatur aufrecht stehend 2 cm tief in Wasser gelagert. Die Steine standen auf zwei Schneiden, so daß die Unterseite vollkommen benetzt war. Die großformatigen Steine wurden flach - bei den Hohlblocksteinen mit den Löchern nach unten - und die kleinformatigen Steine und Mörtelprobekörper hochkant gelagert. Um den Wasserstand immer auf gleicher Höhe zu halten, war an den Zinkwannen ein Überlauf angebracht. Nach je 15 und 30 Minuten, sowie 1, 3, 8 und 24 Stunden und 3, 7, 14, 21 und 40 Tagen wurden die Probekörper aus dem Wasser genommen, 2 Minuten lang auf einem Lattenrost zum Abtropfen abgestellt und anschließend gewogen. In den gleichen Zeitabständen ist die kapillare Steighöhe des Wassers auf den Probekörpern vermerkt. In der Zahlentafel 4 sind die mittleren Steighöhen für die Steine und Mörtel zusammengestellt und in Abbildung 2 graphisch dargestellt. Die Werte für die Wasseraufsaugefähigkeit in Gewichts-%, bezogen auf das Trockengewicht (105°), sind in Zahlentafel 5 für die Steine und in Zahlentafel 5a für die Mörtel enthalten. Die graphische Darstellung dieser Werte ist in Abbildung 3 erfolgt.

KAPILLARE STEIGHÖHE (cm) in ABHÄNGIGKEIT von der ZEIT

Lfd. Nr.	Verwendete Baustoffe	Minuten 15	W a s s e r a u f n a h m e					Tage 3
			30	1	3	8	24	
1	Vollziegel MZ 100	7,5	10,4	13,9	22,4	Oberkante Stein erreicht		erreicht
2a	Hochlochziegel Lagerung flach	6,5	8,2	10,2	Oberkante Stein erreicht			
2b	Hochlochziegel Lagerung hoch	5,5	7,4	10,0	13,5	Oberkante Stein erreicht		erreicht
3a	Langlochziegel Form 1	4,7	5,1	6,0	6,8	7,9	9,1	12,2
3b	Langlochziegel Form 2	4,0	5,2	6,3	8,4	9,7	11,8	18,2
4	Kalksand-Vollstein	4,0	4,5	5,7	7,1	9,0	11,8	18,2
5	Hohlblockstein aus Ziegelsplittbeton (Dreikammerstein)	3,9	4,5	6,6	7,2	9,3	13,7	19,9
6	Hohlblockstein aus Ziegelsplittbeton (Vierkammerstein)	2,8	3,2	3,8	4,9	5,3	7,2	8,5
7	Hohlblockstein aus Schlackenbeton (Zweikammerstein)	5,4	6,2	7,0	8,0	9,6	12,6	15,8
8	Hohlblockstein aus Naturbimsbeton (Zweikammerstein)	4,3	6,1	6,8	7,5	7,9	9,4	11,1
9	Kalksand-Hohlblockstein	11,3	12,4	14,7	15,8	19,3 Oberk. Stein err.		
10	Vollstein aus Ziegelsplittbeton	4,7	5,6	8,4	11,3	16,4	16,8	16,8
11	Vollstein aus Schlackenbeton	6,0	8,1	10,2	13,6	17,9	18,7	19,2
12	Vollstein aus Naturbimsbeton	4,4	6,3	9,8	14,4	18,1	19,0	19,0
13	Wandbaustein aus Porenbeton(Ytong)	3,7	4,2	4,5	4,8	5,3	6,5	9,2
14	Wandbaustein aus Porenbeton(Siporex)	4,3	5,9	6,2	7,7	7,9	9,7	10,8
15	Kalkmörtel	5,9	9,6	14,4	20,2	Oberkante Mörtel erreicht		
16	Kalkzementmörtel	5,5	9,0	12,0	16,6	22,6 Oberk. Mörtel err.		



### 3.4 Besprechung der Ergebnisse

Kalk- und Zementmörtel hatten etwa die gleiche Wasseraufnahmefähigkeit. Beide Mörtel gaben das Wasser gleich schnell bei Luftlagerung ab. Die kapillare Saugfähigkeit, die bei Beanspruchung durch Schlagregen in erster Linie infrage kommt, ist beim Kalkmörtel etwas größer als beim Kalkzementmörtel.

Bei den 14 Steinarten wurden wesentliche Unterschiede in der Wasseraufnahme und kapillaren Saugfähigkeit festgestellt. Die untersuchten Mauerziegel haben eine große Wasseraufnahme und kapillare Saugfähigkeit. Die Kalksandvollsteine nahmen bei Wasserlagerung und einseitiger Benetzung wenig Wasser auf, dagegen verhalten sich die Kalksand-Hohlblocksteine fast wie die Mauerziegel. Bei den Hohlblocksteinen und Vollsteinen aus Leichtbeton ist die Wasseraufnahme bei Wasserlagerung und einseitiger Benetzung und die kapillare Saugfähigkeit von dem verwendeten Zuschlagmaterial abhängig. Große Unterschiede haben sich bei diesen Steinarten nicht ergeben. Die Wandbausteine aus Porenbeton verhielten sich im Hinblick auf Wasseraufnahme bei Wasserlagerung und einseitiger Benetzung anders als alle anderen Steine. Sie nehmen bei Wasserlagerung sehr viel Wasser auf, das kapillare Saugvermögen dagegen ist kleiner als bei allen anderen Steinarten.



Zahlentafel 5

WASSERAUFSAUGEFÄHIGKEIT der STEINE in GEWICHTS-%

Lfd. Nr.	Verwendete Baustoffe	W a s s e r a u f n a h m e										
		M i n u t e n		S t u n d e n				T a g e				
		15	30	1	3	8	24	3	7	14	21	40
1	Vollziegel MZ 100	5,5	7,8	10,5	17,8	23,0	23,7	23,8	24,5	25,0	25,5	26,0
2a	Hochlochziegel Lagerung flach	9,2	12,3	15,9	19,2	19,5	20,2	20,3	Oberkante Stein erreicht			
2b	Hochlochziegel Lagerung hoch	3,4	4,5	5,7	8,2	11,6	18,9	21,2	21,2	22,0	22,6	23,2
3	Langlochziegel	0,6	0,9	1,0	1,4	1,9	2,9	4,6	5,9	7,0	7,2	7,2
4	Kalksand-Vollsteine	2,6	2,8	3,2	3,9	4,8	6,3	7,9	8,7	9,8	11,0	11,2
5	Hohlblockstein aus Ziegelsplittbeton (Dreikammerstein)	2,1	5,5	5,8	6,2	6,8	8,5	11,0	13,4	15,5	17,5	18,1
6	Hohlblockstein aus Ziegelsplittbeton (Vierkammerstein)	3,8	4,0	4,3	4,5	4,9	6,3	7,5	8,8	9,2	10,2	11,4
7	Hohlblockstein aus Schlackenbeton (Zweikammerstein)	4,3	4,6	4,9	5,2	5,9	6,8	7,8	9,5	11,2	11,8	12,9
8	Hohlblockstein aus Naturbimsbeton (Zweikammerstein)	7,9	8,4	8,8	9,2	9,6	10,4	11,9	14,2	15,8	17,2	18,7
9	Kalksand-Hohlblockstein	8,7	9,9	12,1	14,6	17,0	20,8	Oberkante Stein erreicht				
10	Vollstein aus Ziegelsplittbeton	4,8	5,0	5,2	5,8	6,8	8,4	11,2	13,3	14,1	14,7	15,2
11	Vollstein aus Schlackenbeton	4,8	5,0	5,4	5,8	6,6	7,9	9,7	11,2	13,0	13,5	15,1
12	Vollstein aus Naturbimsbeton	9,2	9,4	10,0	10,9	11,8	14,0	17,0	20,2	23,6	25,5	27,8
13	Wandbaustein aus Porenbeton (Ytong)	7,8	8,9	10,2	13,3	16,6	23,8	32,8	42,3	52,0	55,0	55,8
14	Wandbaustein aus Porenbeton (Siporex)	6,0	8,0	8,8	11,2	14,0	18,8	24,5	29,3	33,9	35,2	36,5

Zahlentafel 5a

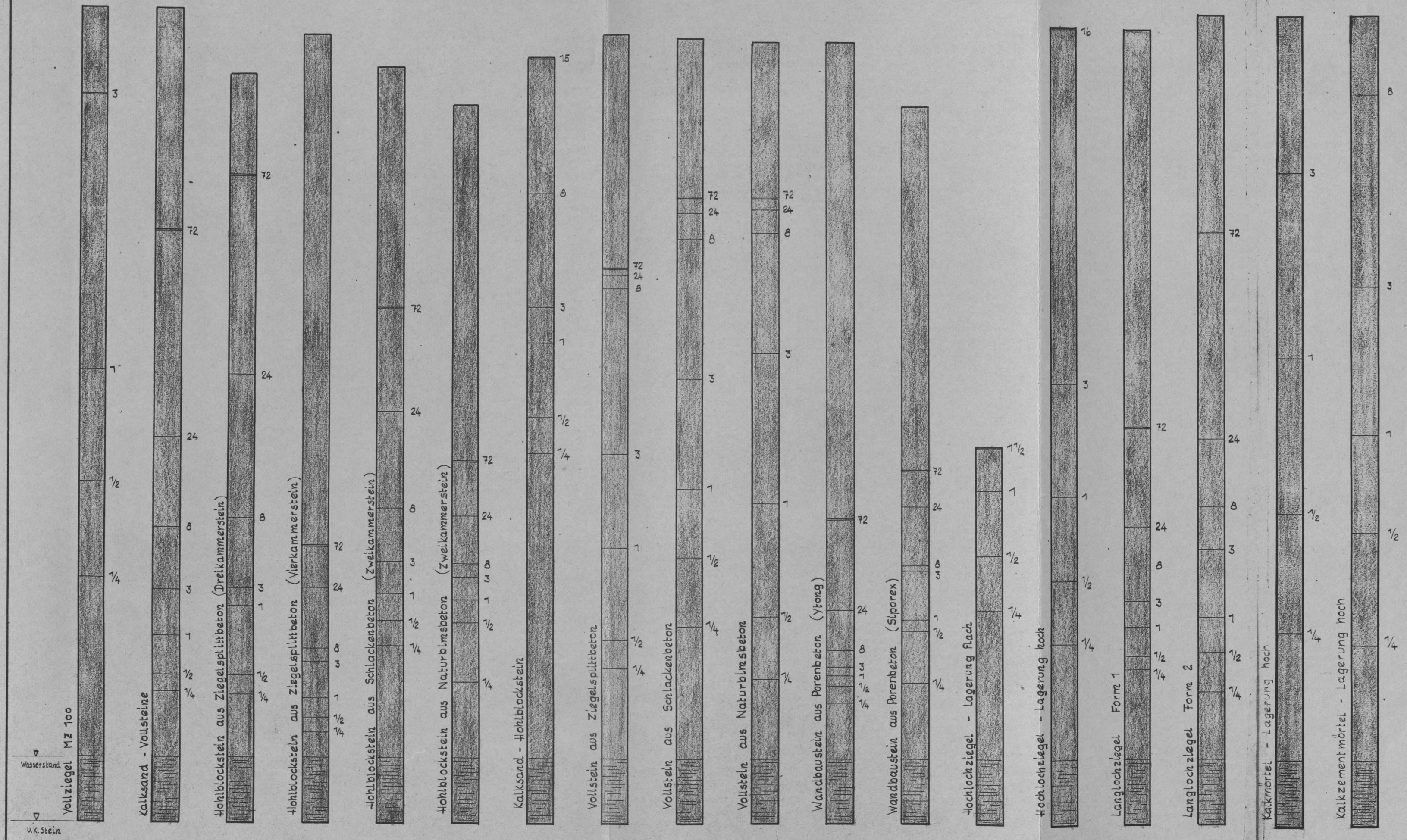
WASSERAUFSAUGEFÄHIGKEIT der MÖRTEL in GEWICHTS-%

Lfd. Nr.		W a s s e r a u f n a h m e										
		M i n u t e n		S t u n d e n				T a g e				
		15	30	1	3	8	24	3	7	14	21	40
1	Kalkzementmörtel	3,42	4,51	5,77	7,65	9,96	12,47	12,43	12,46	-	-	-
2	Kalkmörtel	3,14	5,01	6,75	9,22	12,25	12,80	12,75	12,80	-	-	-



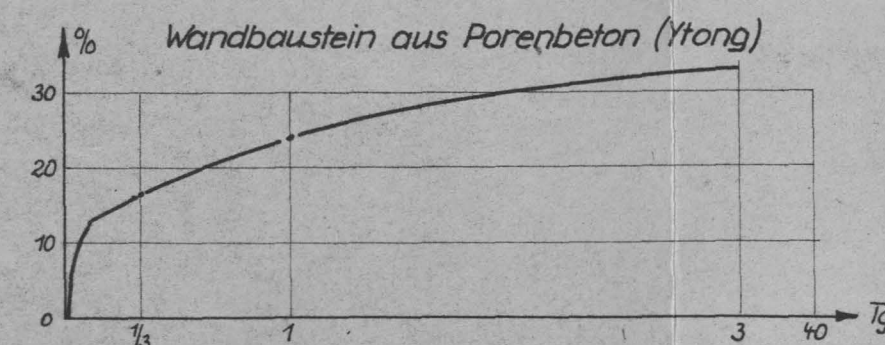
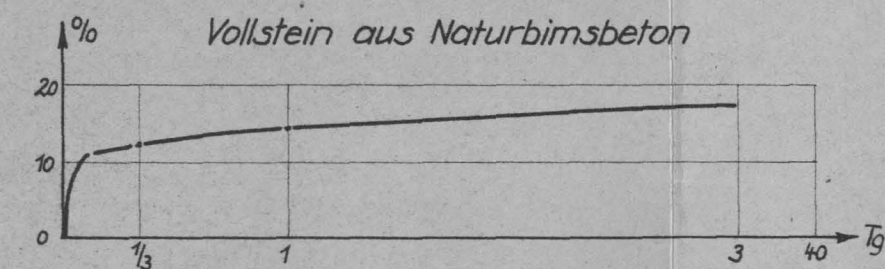
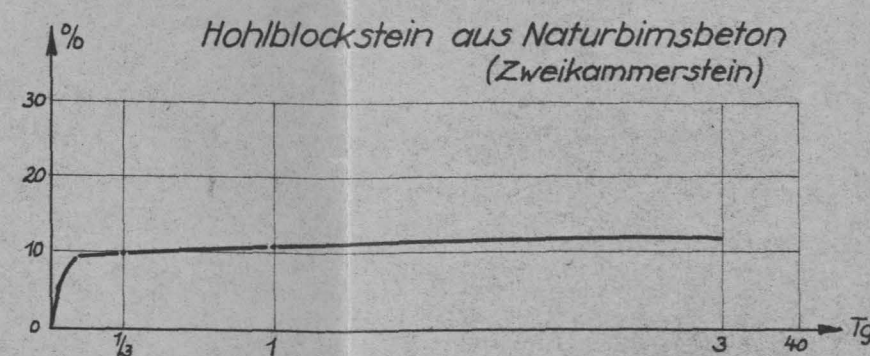
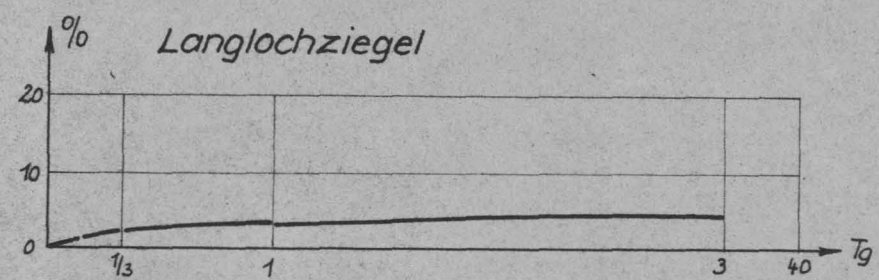
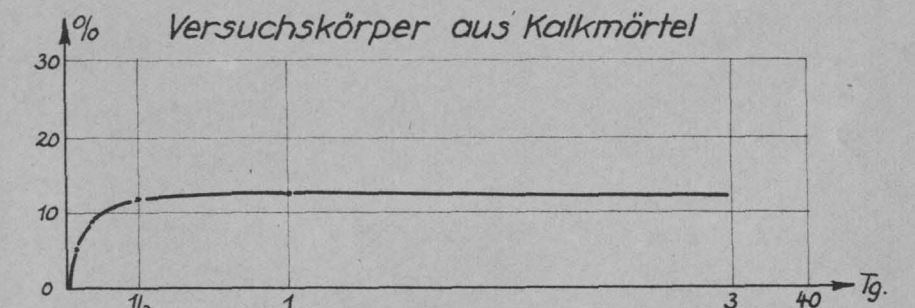
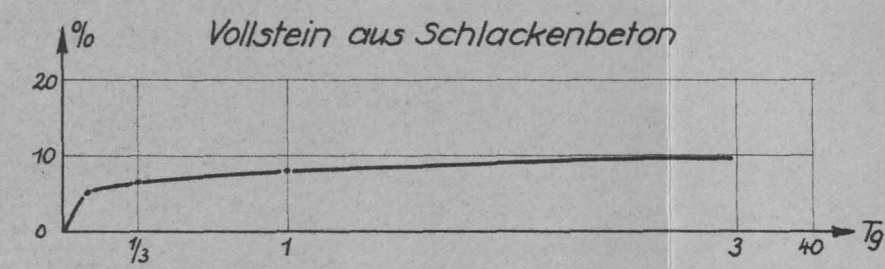
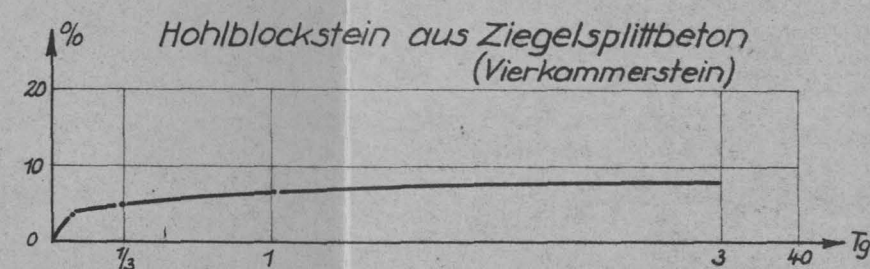
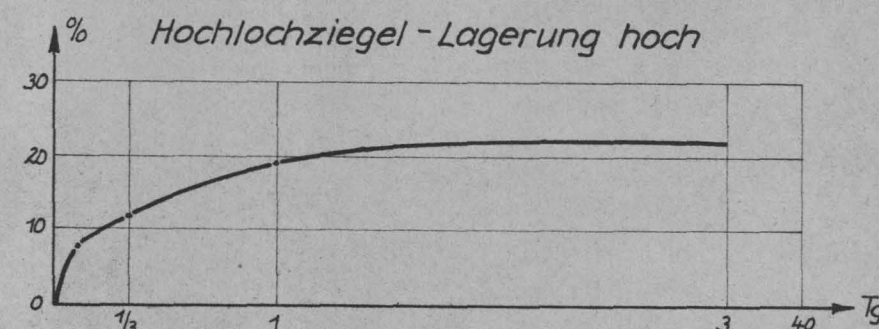
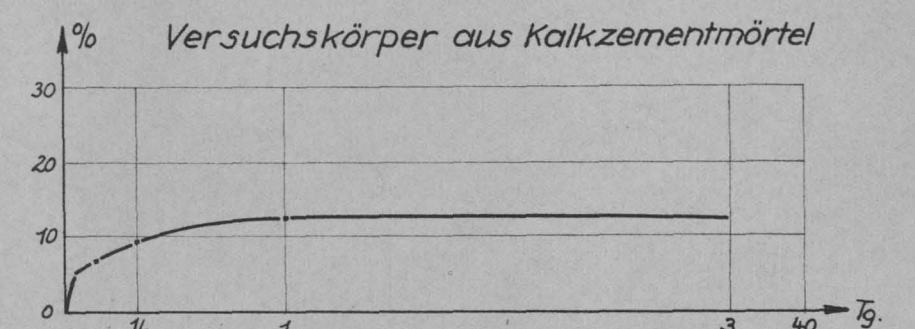
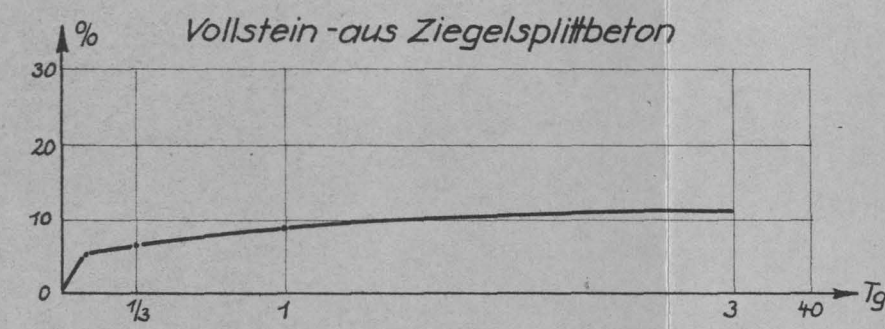
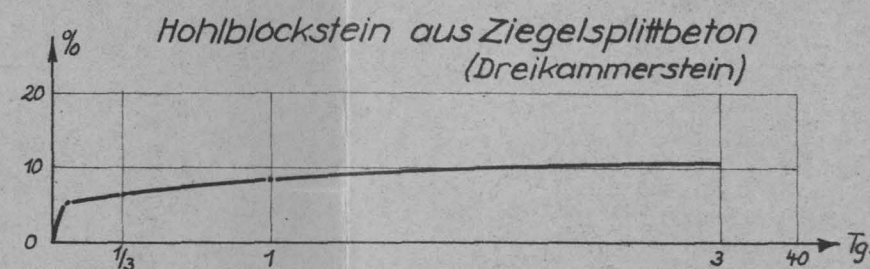
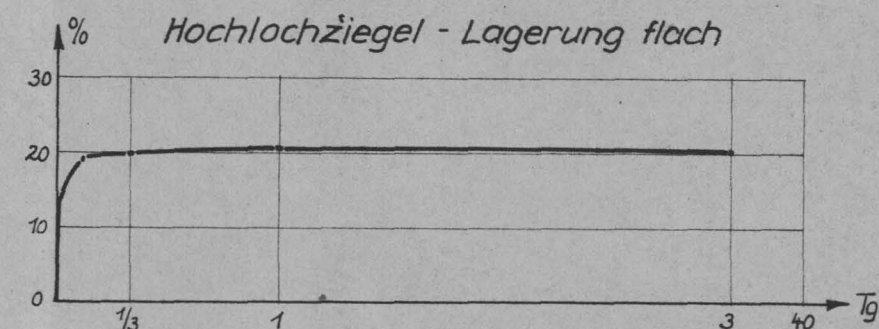
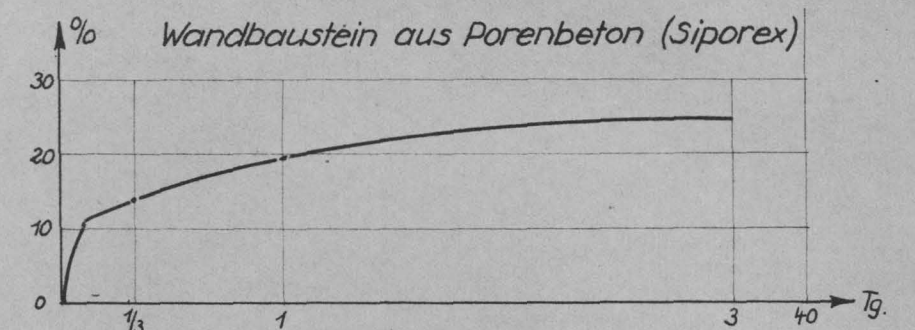
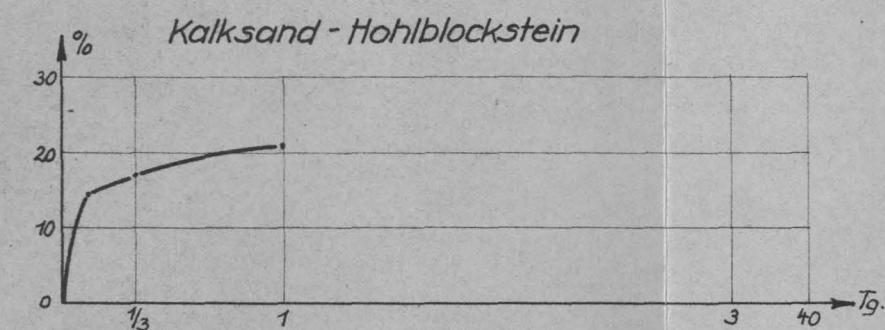
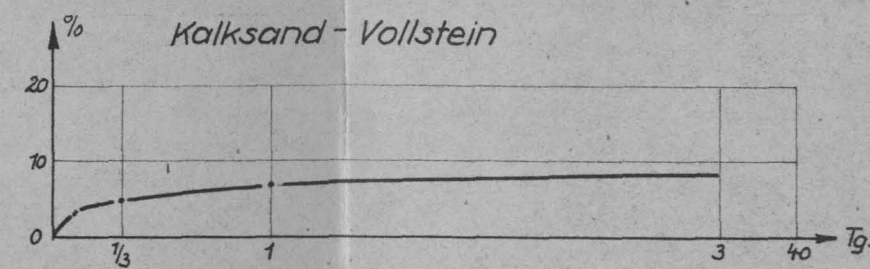
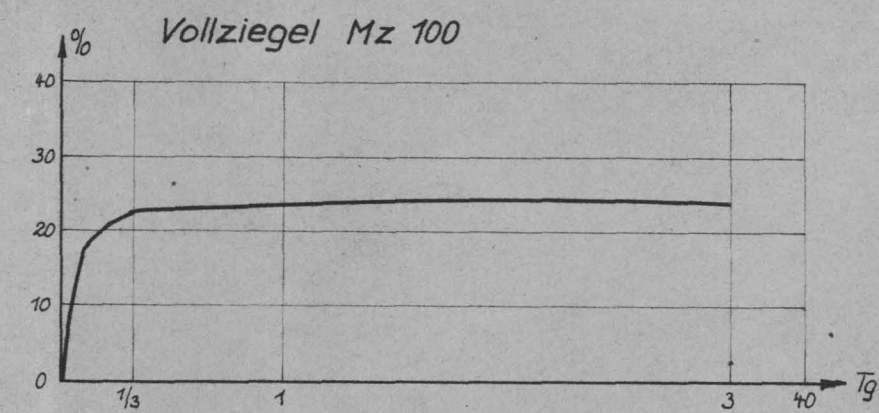
# Abb.2 Kapillare Steighöhe in cm in Abhängigkeit von der Zeit in Std.

Die Steine standen 2,0 cm im Wasser und sind in der Höhe in natürlicher Größe dargestellt.





**Abb. 3 Wasseraufsaugefähigkeit in Gewichts - %**





#### 4. Beregnungsversuche an Wänden

Eine zuverlässige Beurteilung der Schlagregenwirkung auf Außenwände kann nur durch eine künstliche Beregnung erfolgen. Thein<sup>x)</sup> hat bereits die Wind- und Regenverhältnisse in den norddeutschen Küstengebieten über längere Zeiträume studiert und dabei festgestellt, daß an den sogenannten Wetterseiten durchschnittlich pro Stunde eine Schlagregenwirkung von 5 Minuten auftritt. Die Schlagregenperioden dauern nach Thein im allgemeinen nur 3 Tage, anschließend hat die Außenwand die Möglichkeit, durch Verdunstung wieder Wasser abzugeben. Es ist also im ungünstigen Fall mit einer Einwirkung von Schlagregen über

$$3 \times 24 \times 5 = 360 \text{ Minuten} = 6 \text{ Stunden}$$

zu rechnen. Unberücksichtigt bleibt dabei, daß eine geringe Austrocknung der Außenwände in den Regenspausen normalerweise möglich ist.

Bei starkem Schlagregen sind im norddeutschen Küstengebiet Windgeschwindigkeiten von 25 m/sec. und Regenhöhen pro 5 Minuten von 4 bis 5 mm beobachtet. Das Regenwasser wird durch den Winddruck in verhältnismäßig dünner Schicht an die senkrechte Außenwand gepreßt. Das Eindringen des Regenwassers in die Wand erfolgt in erster Linie auf 2 Wegen.

- a) durch den Staudruck des Windes
- b) durch die Kapillarsaugwirkung von Mörtel und Stein.

##### 4.1 Aufbau der Versuchswände

Die in Zahlentafel 1 aufgeführten Versuchswände wurden auf Stahlbetonplatten handwerksgerecht aufgemauert. Die Dicke der Lagerfugen betrug etwa 1,2 cm, die der Stoßfugen 1,0 cm. Im Alter von etwa 7 Tagen wurden die Versuchswände auf der einen Seite mit einem dünnen Zementvorwurf versehen, nachdem Lager- und Stoßfugen etwa 1 cm tief ausgekratzt waren. Der anschließend aufgebraute zweilagige Außenputz

---

x)

siehe Seite 1

bestand aus einem etwa 1,2 cm dicken Unterputz und 1,0 mm dickem Oberputz. Als Mörtel für den Unterputz wurde ein Kalkzementmörtel 1 : 2 : 8 Rtl., als Oberputz ein Kalkmörtel 1 : 3,5 Rtl. verwendet. Beide Putzschichten wurden angeworfen, der Unterputz aufgerauht, bevor der Oberputz aufgebracht wurde, und der Oberputz glatt abgerieben. Für den Mauer- und Putzmörtel wurde Weißkalkhydrat und Portlandzement Z 225 verwendet. Die Kornzusammensetzung des Sandes für den Putz und Mauermörtel war folgende :

0	-	0,2 mm	:	36 %
0,2	-	1 mm	:	39 %
1	-	3 mm	:	25 %

Die Wände standen in einer Halle des Instituts bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von durchschnittlich 70 % und einer mittleren Temperatur von 18° C. Alle Wände waren bei Beginn der Beregnungsversuche 3 Monate alt. Sie wurden kurz vor Beginn der Beregnungsversuche auf der Innenseite mit einem Kalkanstrich versehen, um die Beobachtung der Durchfeuchtung zu erleichtern.

#### 4.2 Versuchsanordnung und -durchführung

Die hergestellten Wände für die Beregnungsversuche wurden einem künstlichen Schlagregen bis zur Durchfeuchtung der Rückseite der Wand ausgesetzt. Für diese Versuche ist im Institut eine Maschine zur Erzeugung von künstlichem Schlagregen - kurz Regenmaschine genannt - in Anlehnung an die von Thein entwickelte Maschine entworfen und gebaut. Bei diesen Arbeiten wirkte Herr Ing. Warnecke von den Stadtwerken Braunschweig, der über große Erfahrungen auf diesem Gebiet verfügt, beratend mit.

Die Regenmaschine besteht aus einer elektrisch angetriebenen Luftturbine und einem Anblasstutzen. Der Anblasstutzen hat am Ende einen Querschnitt von 50 x 50 cm. Die Luftturbine erzeugt im freien waagerechten Luftstrom 50 cm vor der Vorderkante des Anblasstutzens auf einer Fläche von 50 x 50 cm Größe eine fast gleichmäßige Windgeschwindigkeit von 25 m/sec. bei Dauerbetrieb. Die Zerstäubung des Wassers geschieht durch eine Düse von 0,7 mm Durchmesser, die in der Mitte des Anblasstutzens montiert ist.



Die Wassermenge, die aus der Düse austritt, wurde in Vorversuchen wiederholt gemessen. Bei einem vorhandenen Wasserdruck der Wasserleitung von 2,7 bis 2,9 kg/cm<sup>2</sup> lag die ausströmende Wassermenge zwischen 2,0 und 2,4 l/5 Min. Das Wasser war beim Austreten aus dem Anblasstutzen fein und gleichmäßig über die ganze Fläche verteilt. Windgeschwindigkeit und Wasserzufuhr sind außerdem regulierbar, die Windgeschwindigkeit durch Änderung der Drehzahl des Motors, die Regenmenge durch Wahl einer größeren oder kleineren Düse. Alle Beregnungsversuche wurden mit der 0,7 mm Düse und einer Windgeschwindigkeit von 25 m/sec. vorgenommen. Einzelheiten der Regenmaschine sind aus Abb. 4 zu ersehen.

Die Regenmaschine wurde im Abstand von 50 cm senkrecht vor der zu prüfenden Versuchswand aufgestellt, auf der eine etwa 1 m<sup>2</sup> große Blechschürze befestigt war, die in der Mitte eine Blendenöffnung von 50 x 50 cm hatte, so daß die beregnete Wandfläche 0,25 m<sup>2</sup> betrug. Die Abdichtung zwischen Blechschürze und Wand wurde durch einen Spezialkitt vorgenommen. Bei allen Versuchen reichte die gewählte Wassermenge aus, um ständig einen dünnen Wasserfilm auf der Wandfläche zu erzeugen. Das überschüssige Wasser lief an der Blechschürze ab und wurde von dort aus ohne mit den Wänden in Berührung zu kommen, abgeleitet. Auf der Rückseite der Probewand sind die auftretenden Durchfeuchtungen auf einer Glasplatte in Abhängigkeit von der Beregnungszeit aufgezeichnet. Es erwies sich als zweckmäßig, die Glasplatte mit Luftabstand anzubringen, um eine Kondenswasserbildung an ihrer Oberfläche zu verhindern. Die Versuchsanordnung ist aus der Abb. 4 zu ersehen.

Auf Vorschlag der Arbeitsgruppe wurde beim Versuch beobachtet, nach welcher Zeit auf der Innenseite der Prüfwände die erste Durchfeuchtung auftrat, und zwar bei konstanter Wasserzufuhr (Düse 0,7 mm Ø) und Windgeschwindigkeit (25 m/sec.). Weiterhin ist festgestellt, ob es sich um eine Durchfeuchtung der Mörtelfugen oder der Steine

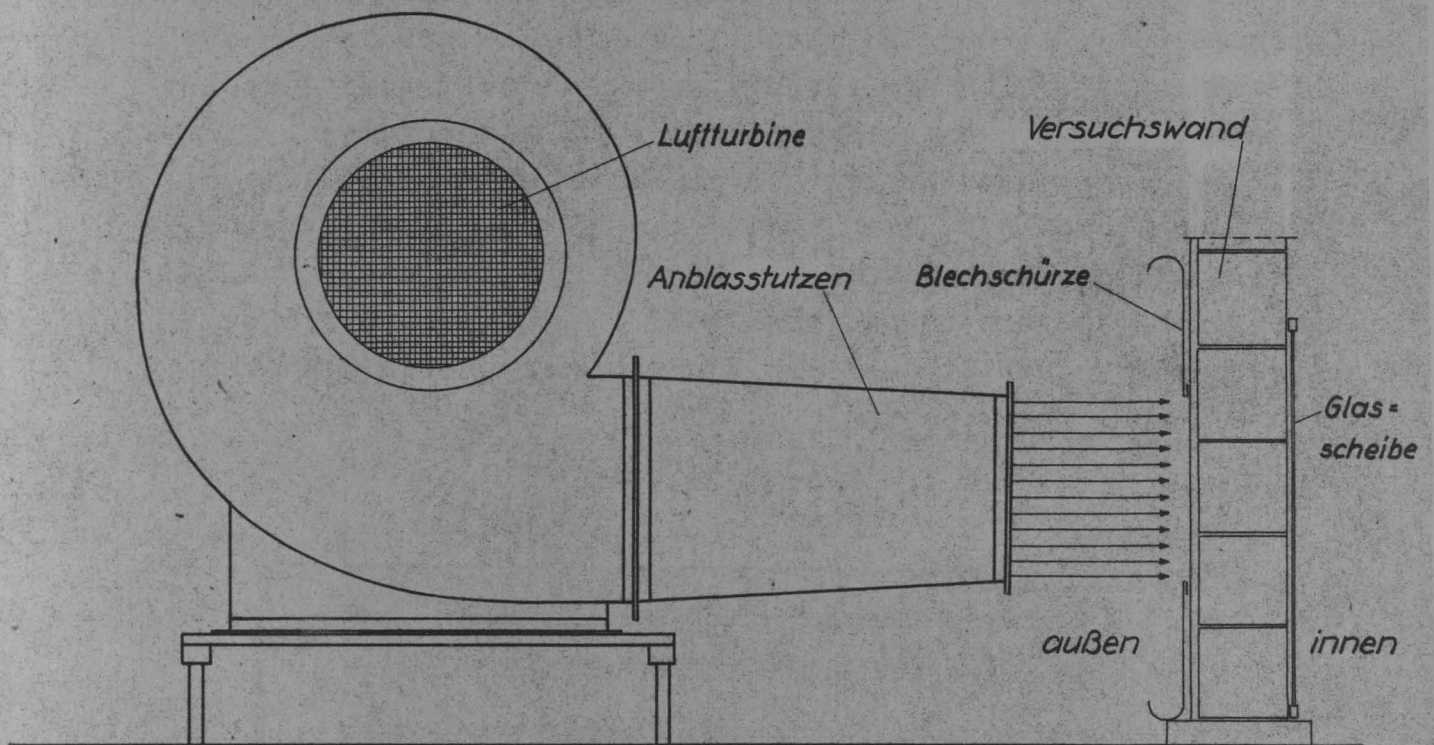


handelte. Die künstliche Beregnung der Wände war nach Möglichkeit so lange fortzusetzen, bis entweder eine Durchfeuchtungsfläche von mindestens 50 x 50 cm erfolgte oder aber Wasser in Tropfenform aus der Wand austrat. Nach Abschluß dieser Beregnung wurde die Austrocknung der Wand über einige Wochen beobachtet.

#### 4.3 Ergebnisse

Die Beregnungszeit bis zum Zeitpunkt der ersten Durchfeuchtung wurde bei der Aufstellung des Arbeitsplanes wesentlich unterschätzt. Bei einer Anzahl von Wänden trat erst eine Durchfeuchtung nach über 80 Stunden künstlicher Beregnung ein. Die Beobachtung der Prüfwände beim Versuch mußte daher in mehreren Tag- und Nachtschichten erfolgen. Im folgenden sind die Beobachtungen, die bei der Prüfung von 40 Versuchswänden gemacht wurden, zusammengestellt und auf den Abbildungen, die die Innenflächen (die der Regenmaschine abgekehrten Seiten) der jeweiligen Versuchswand darstellen, die beobachteten Durchfeuchtungen eingetragen. Die Blendenöffnung ist durch eine gestrichelte Linie dargestellt.

Abb. 4



Aufstellung der Regenmaschine vor einer Versuchswand  
Maßstab 1:20



#### 4.31 Wände aus Mauerziegeln

##### Versuchswand Nr. 1

Wandart: MAUERZIEGEL Mz 100, 38 cm dick in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und verputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 86 Stunden im Blendenbereich.

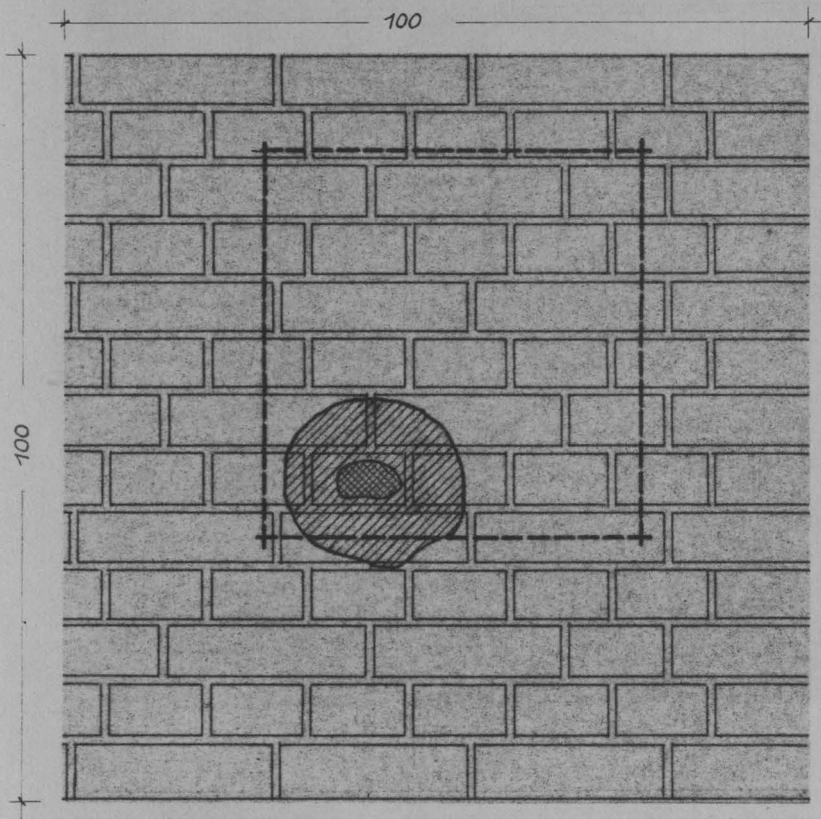
Ende der Beregnung nach: 100 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: ca.  $500 \text{ cm}^2$  (100 Stunden)

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 12 Wochen.

Art der Durchfeuchtung: Durchfeuchtung des Steines.

Besondere Beobachtungen: In den ersten Wochen nachdem die Beregnung eingestellt worden war, nahm die Durchfeuchtungsfläche noch ständig zu und erreichte nach 2 Wochen eine Größe von etwa  $0,8 \text{ m}^2$ . Erst dann begann die Durchfeuchtungsfläche kleiner zu werden und war nach 12 Wochen verschwunden.



Durchfeuchtung nach 86 Std.

Durchfeuchtung nach 100 Std.

Versuchswand Nr. 2

Wandart: MAUERZIEGEL Mz 100, 38 cm dick in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und unverputzt.

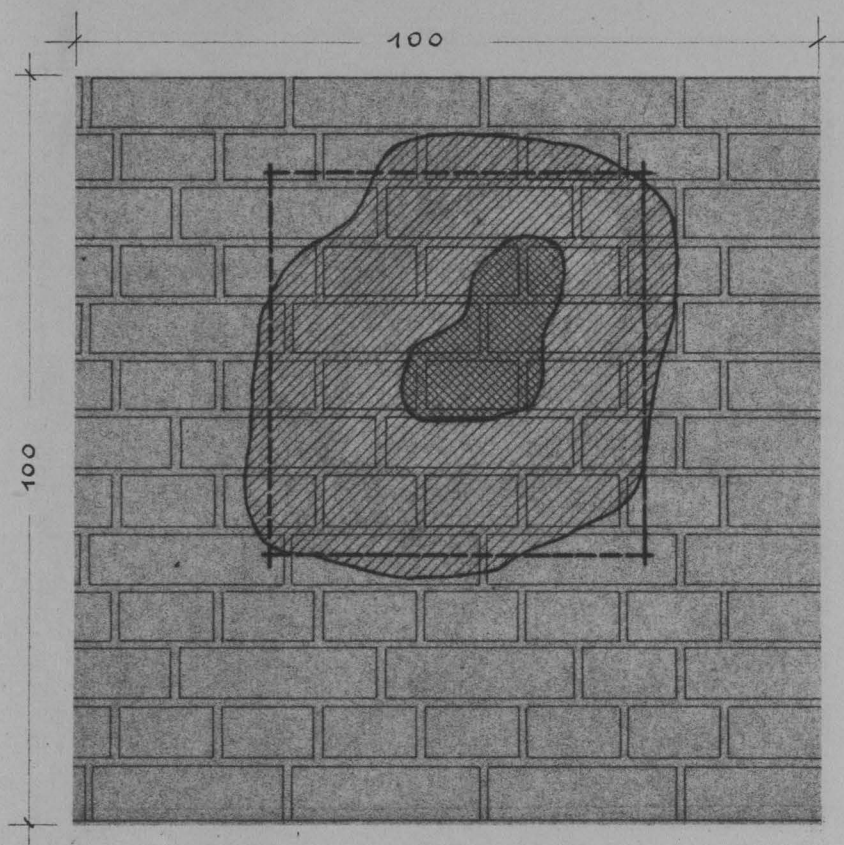
Erste Durchfeuchtung nach: 9 Stunden im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach: 21 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: ca. 2500 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 4 Wochen.

Art der Durchfeuchtung: Durchfeuchtung von Fuge und Stein gleichzeitig.



Durchfeuchtung nach 9 Std.

Durchfeuchtung nach 21 Std.



Versuchswand Nr. 3 :

Wandart: MAUERZIEGEL Mz 100, 38 cm dick in Kalkmörtel vollfugig aufgemauert und unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 9 Stunden im Blendenbereich.

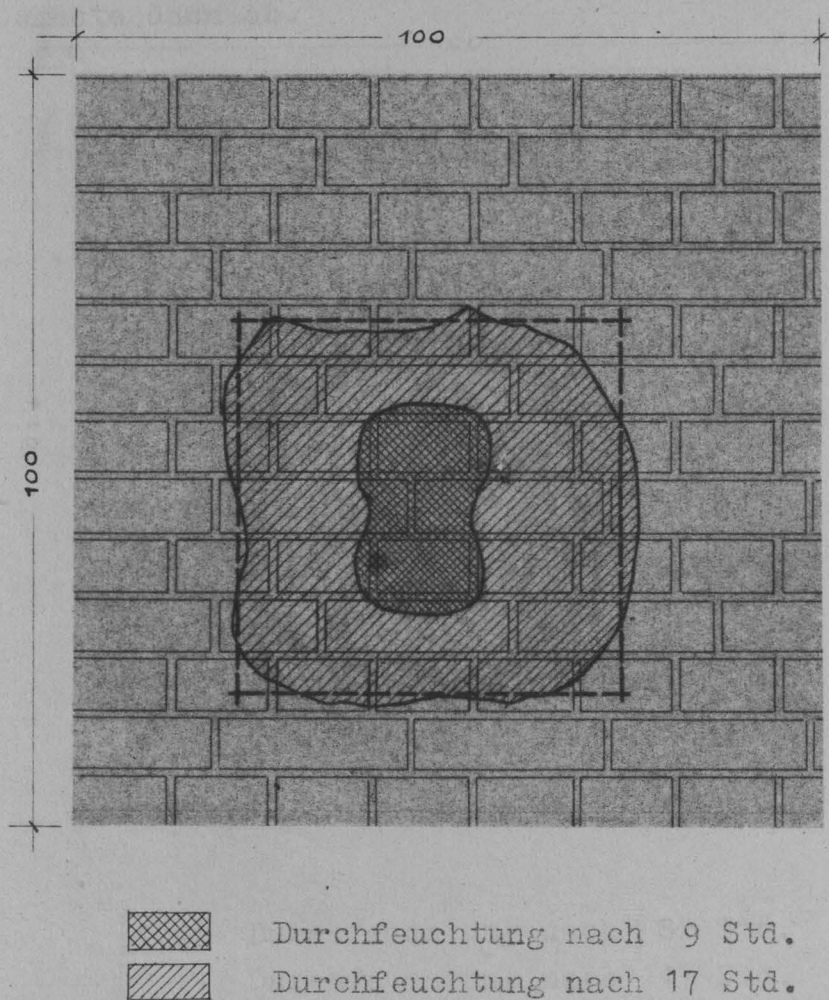
Ende der Beregnung nach: 17 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: ca. 2500 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 2 1/2 Wochen.

Art der Durchfeuchtung: Durchfeuchtung von Fuge und Stein etwa gleichzeitig.

Besondere Beobachtungen: Der durchfeuchtete Fleck auf der Innenseite vergrößerte sich in den nächsten 4 Tagen nach Abbruch der Beregnung. (~ 2700 cm<sup>2</sup>)



Versuchswand Nr. 4 :

Wandart: HOCHLOCHZIEGEL , 24 cm dick in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und verputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 82 Stunden im Blendenbereich.

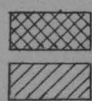
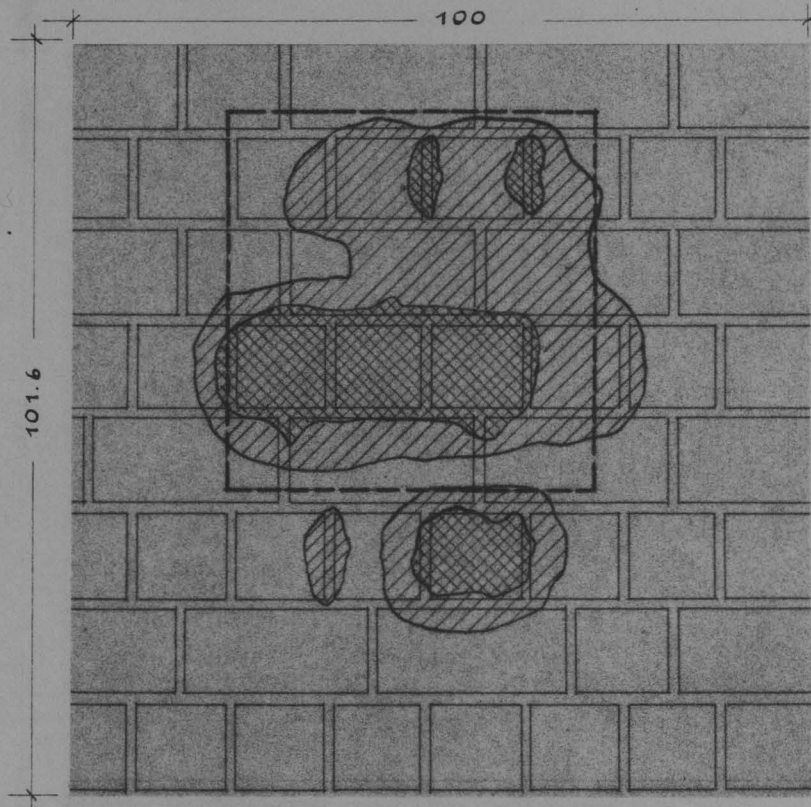
Ende der Beregnung nach: 147 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: ca. 2500 cm<sup>2</sup>

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 3 Wochen.

Art der Durchfeuchtung: Durchfeuchtung von Fuge und Stein gleichzeitig.

Besondere Beobachtungen: Aus dem Durchfeuchtungsbild ist einwandfrei zu erkennen, daß zuerst die Fugen und Steine der Binderschichten durchfeuchteten. Die durchfeuchtete Fläche vergrößerte sich nach Beendigung der Beregnung nur geringfügig und trocknete dann ab.



Durchfeuchtung nach 82 Std.

Durchfeuchtung nach 147 Std.



Versuchswand Nr. 5 :

Wandart: HOCHLOCHZIEGEL , 24 cm dick in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 10 Stunden im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach: 21 Stunden.

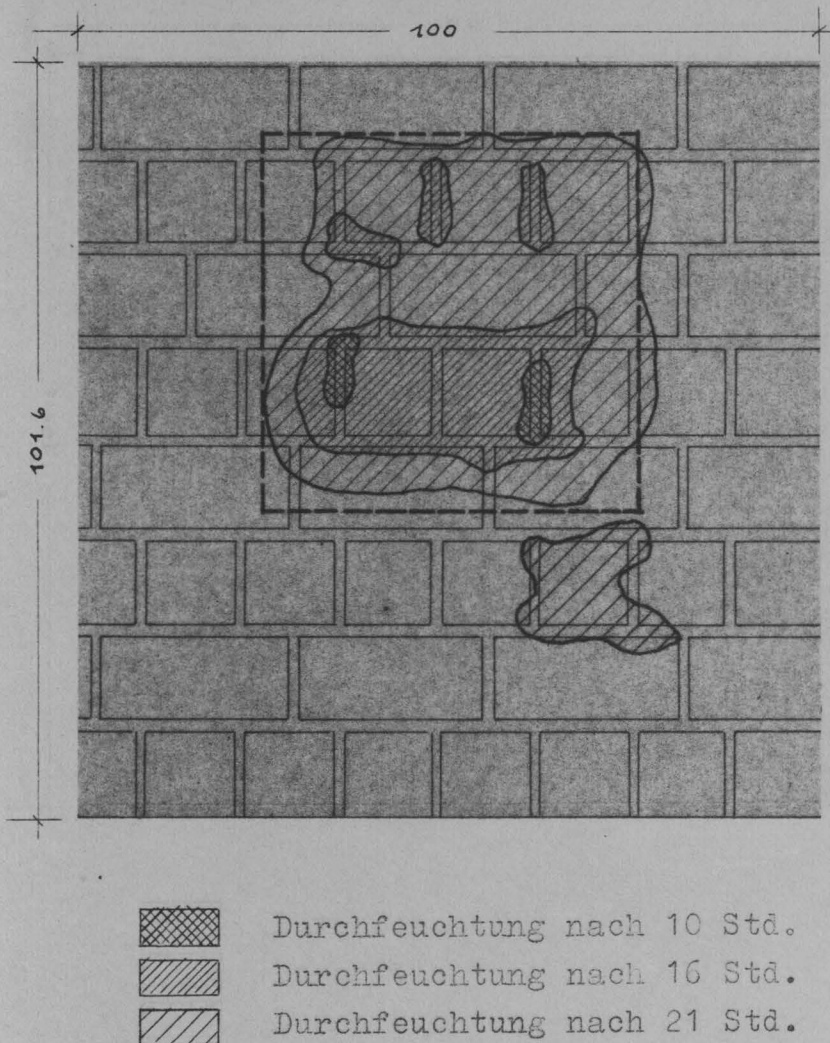
Größe der durchfeuchteten Fläche: ca. 45 cm x 50 cm.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: ~3 Wochen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

Besondere Beobachtungen: Die Stoßfugen der Binderschichten durchfeuchten zuerst. Noch eine Woche nach Beendigung der Beregnung vergrößerte sich die durchfeuchtete Fläche. (~50x55 cm)

In der Abbildung sind die Durchfeuchtungsbilder nach 10, 16 und 21 Stunden eingetragen.



Versuchswand Nr. 6 :

Wandart: HOCHLOCHZIEGEL , 24 cm dick in Kalkzementmörtel hohlfugig aufgemauert und unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 12 Stunden im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach: 23 Stunden.

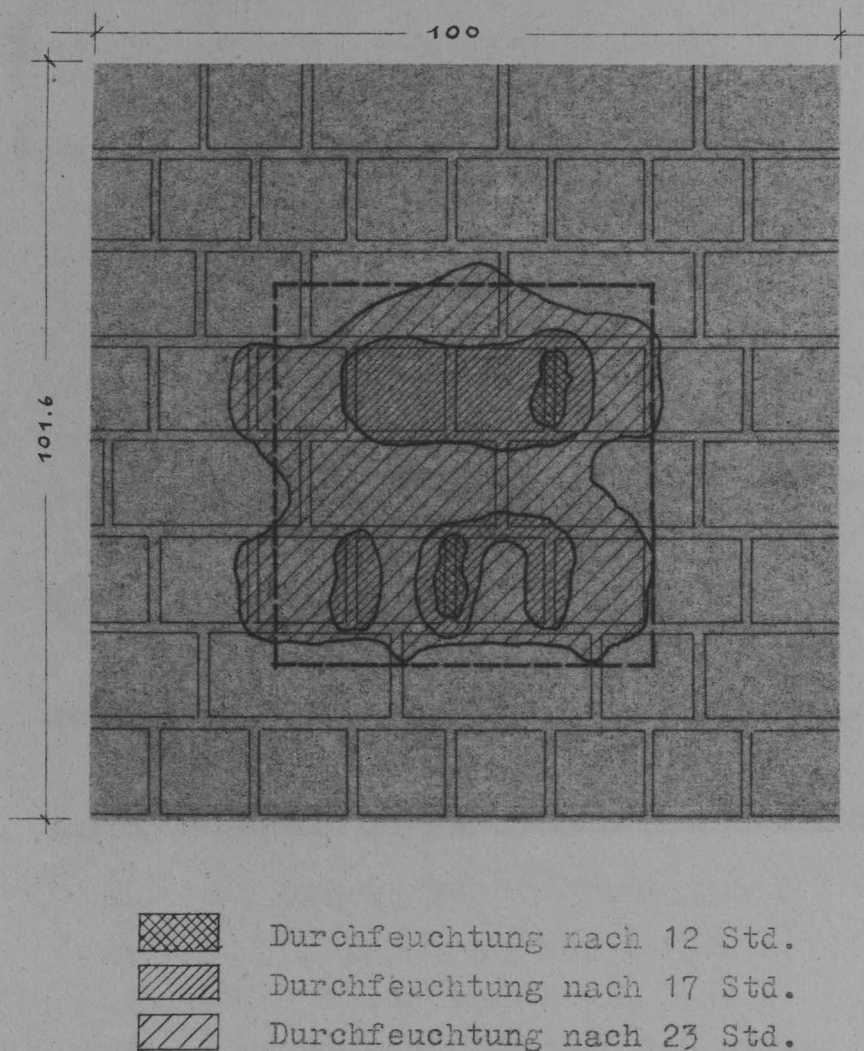
Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 50 cm x 50 cm.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: ~ 3 Wochen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

Besondere Beobachtungen: Die ersten Durchfeuchtungsstellen zeigten sich an den Stoßfugen der Binderschichten.

In der Abbildung sind die Durchfeuchtungsbilder nach 12, 17 und 23 Stunden eingetragen.





Versuchswand Nr. 7 :

Wandart: LANGLOCHZIEGEL , 30 cm dick in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 12 Stunden im Blendenbereich.

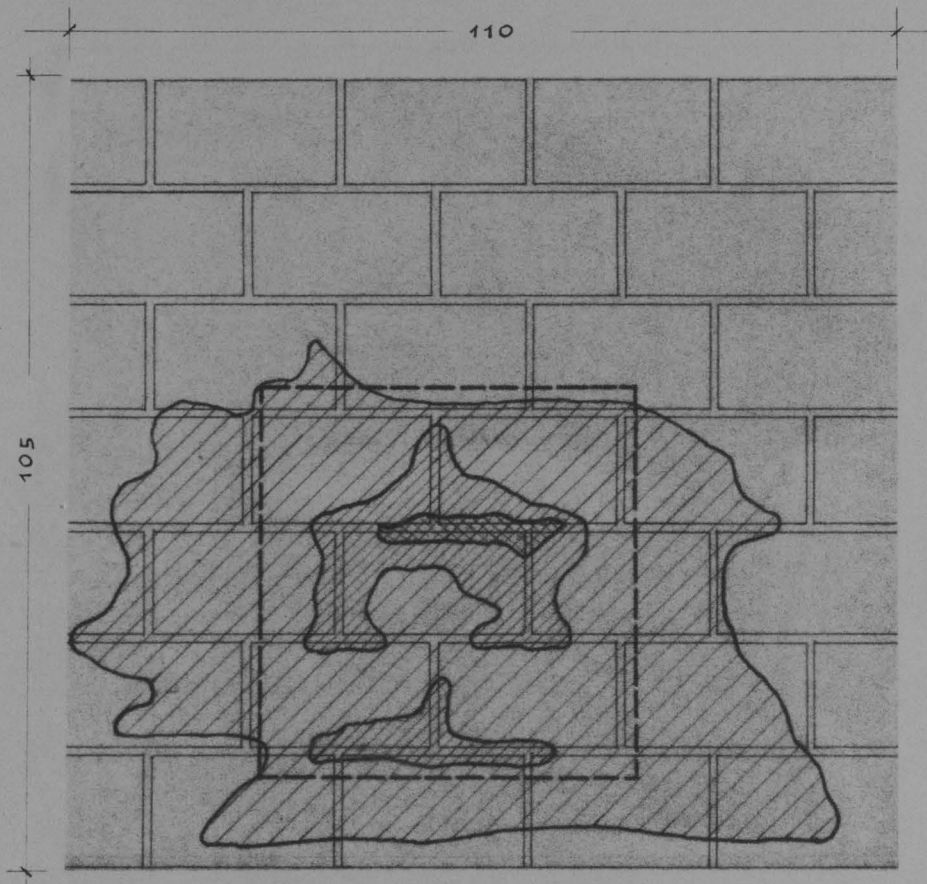
Ende der Beregnung nach: 100 Stunden.




Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 0,40 m<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 2 Wochen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

In der Abbildung sind die Durchfeuchtungsbilder nach 12, 35 und 100 Stunden eingetragen.



- |   |                              |
|---|------------------------------|
|  | Durchfeuchtung nach 12 Std.  |
|  | Durchfeuchtung nach 35 Std.  |
|  | Durchfeuchtung nach 100 Std. |

Versuchswand Nr. 8 :

Wandart: LANGLOCHZIEGEL , 30 cm dick in Kalkzementmörtel  
hohlfugig aufgemauert und unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 13 Stunden im Blendenbereich.

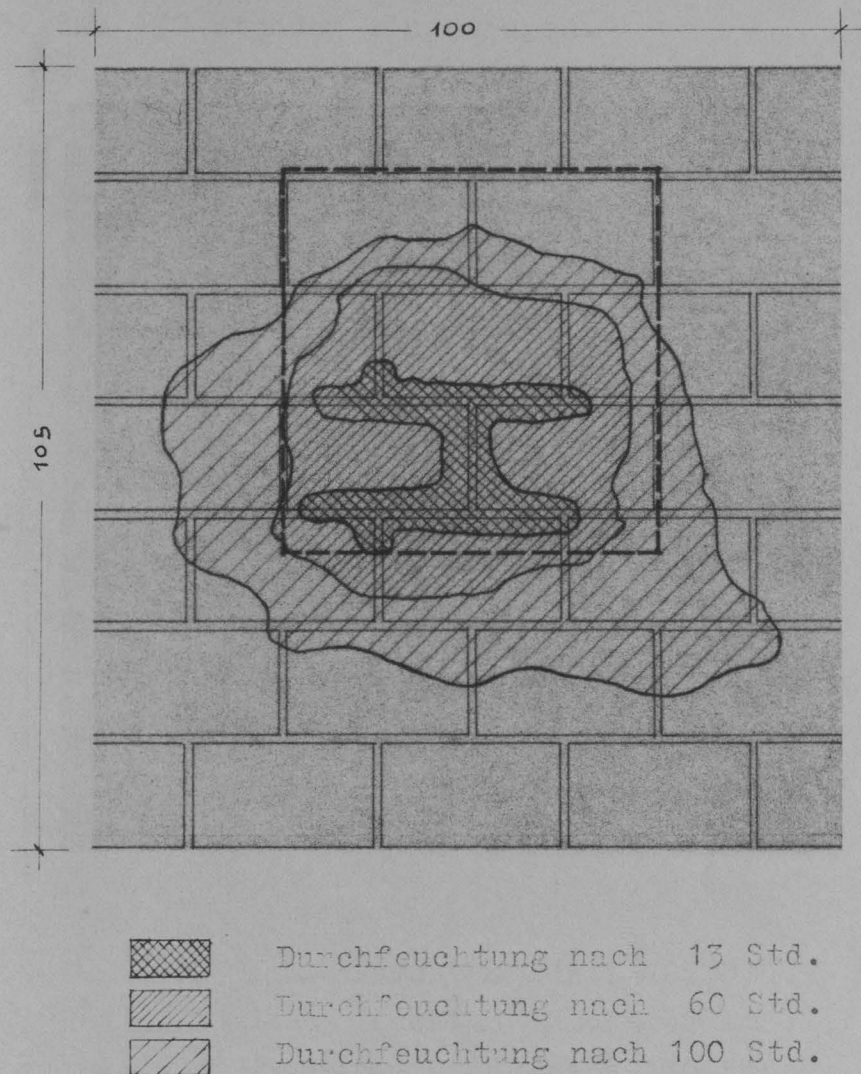
Ende der Beregnung nach: 100 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 70 cm x 55 cm.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 2 1/2 Wochen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

In der Abbildung sind die Durchfeuchtungsbilder nach  
13, 60 und 100 Stunden eingetragen.





#### 4.32 Wände aus Kalksand-Vollsteinen

##### Versuchswand Nr. 9 :

Wandart: KALKSANDSTEINE , 38 cm dick in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und verputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 125 Stunden im Blendenbereich.

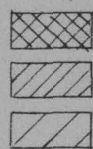
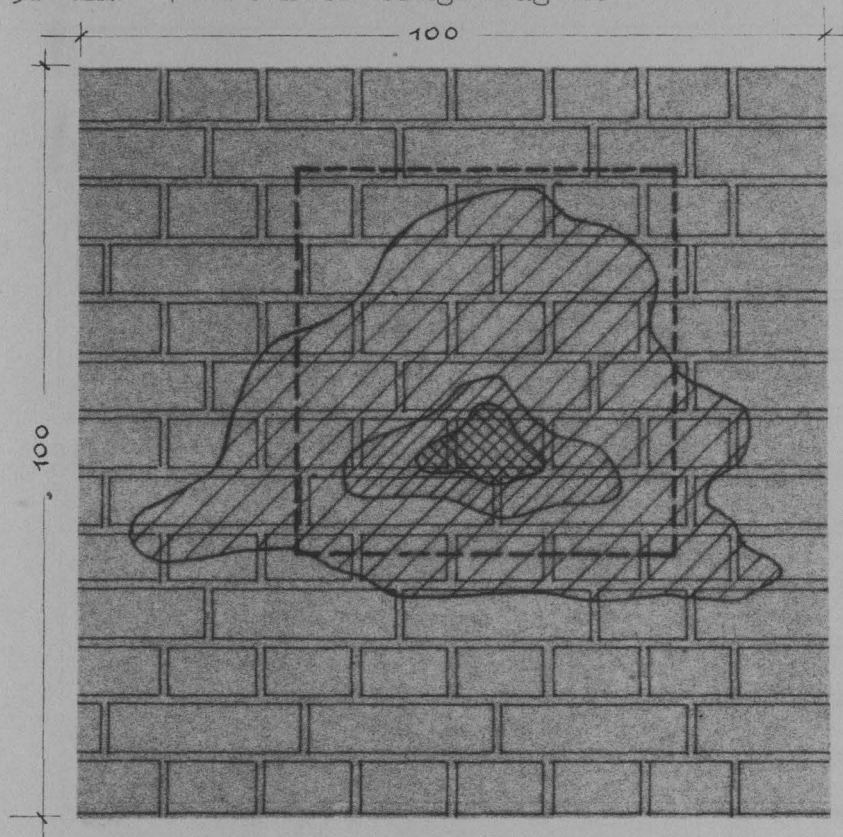
Ende der Beregnung nach: 170 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2500 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 2 Wochen.

Art der Durchfeuchtung: Durchfeuchtung von Fuge und Stein gleichzeitig.

In der Abbildung sind die Durchfeuchtungsbilder nach 125, 132 und 170 Stunden eingetragen.



Durchfeuchtung nach 125 Std.

Durchfeuchtung nach 132 Std.

Durchfeuchtung nach 170 Std.

Versuchswand Nr. 10 :

Wandart: KALKSANDSTEINE , 38 cm dick in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 60 Stunden im Blendenbereich.

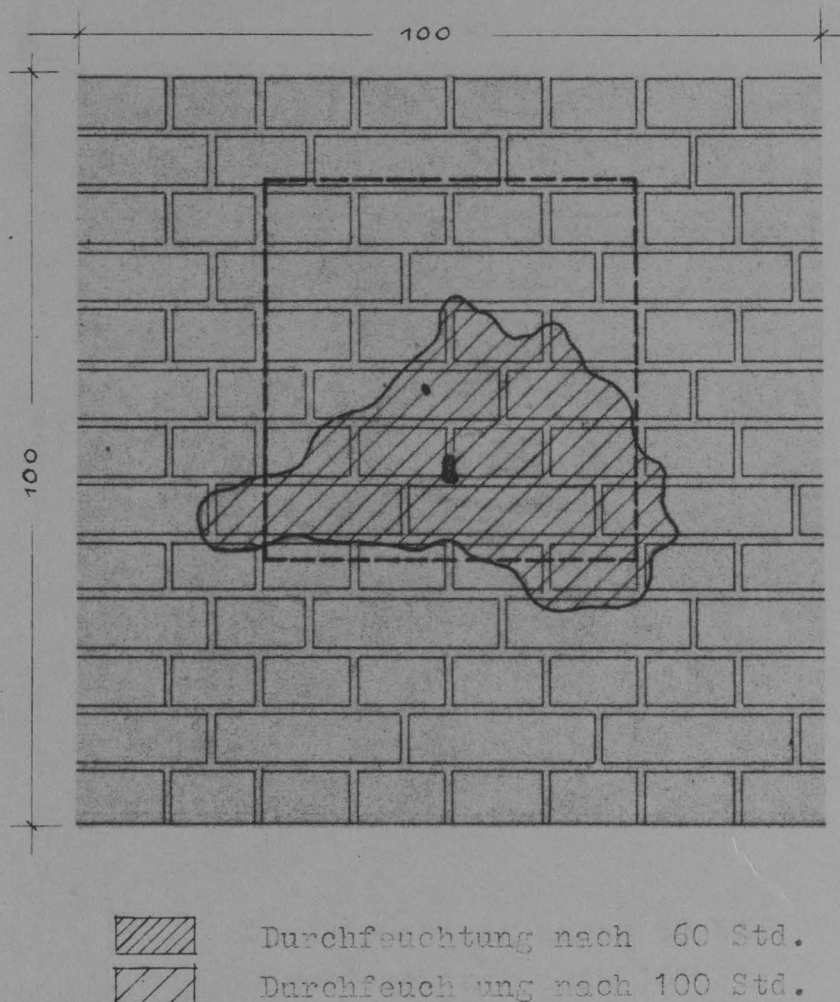
Ende der Beregnung nach: 100 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 1200 cm<sup>2</sup>

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 2 Wochen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

Besondere Beobachtungen: Die Durchfeuchtung erfolgte zuerst in den Stoßfugen einer Binderschicht.





Versuchswand Nr. 11 :

Wandart: KALKSANDSTEINE , 38 cm dick in Kalkgipsmörtel vollfugig aufgemauert und unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 58 Stunden im Blendenbereich.

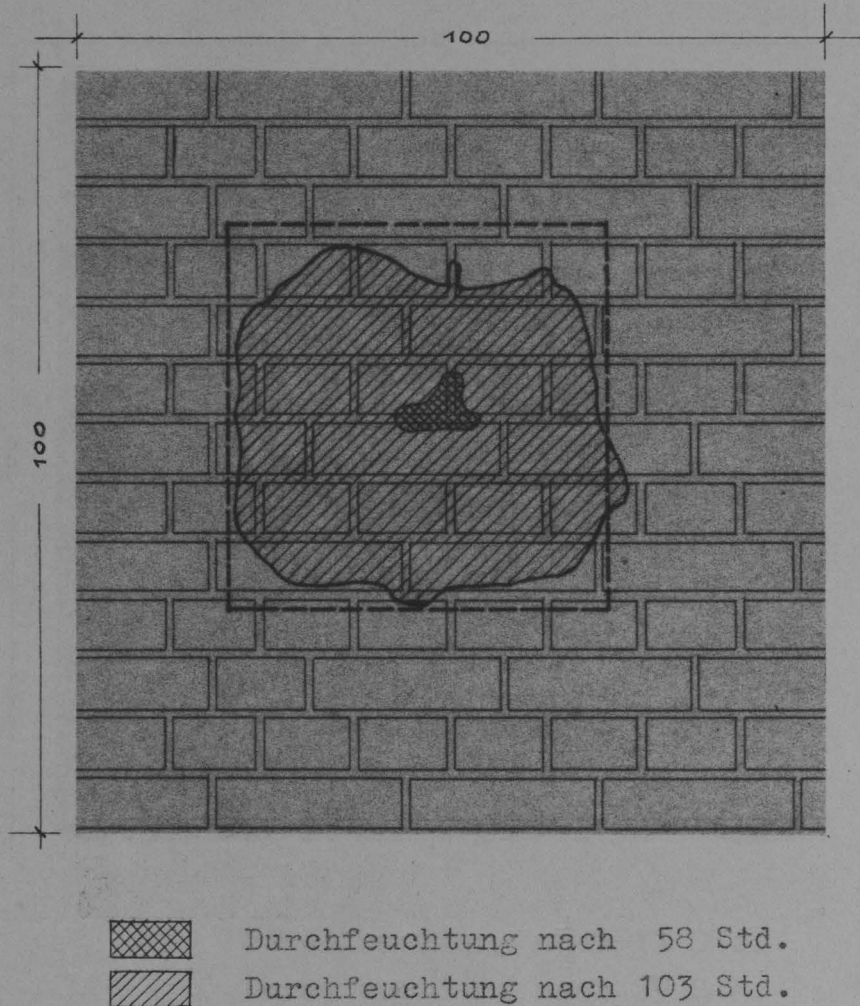
Ende der Beregnung nach: 103 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 45 cm x 45 cm.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 3 1/2 Wochen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

Besondere Beobachtungen: Noch eine Woche nach Beendigung der Beregnung vergrößerte sich die durchfeuchtete Fläche.  
(~ 50 x 50 cm)



Versuchswand Nr. 12 :

Wandart: KALKSANDSTEINE , 25 cm dick in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 13 Stunden im Blendenbereich.

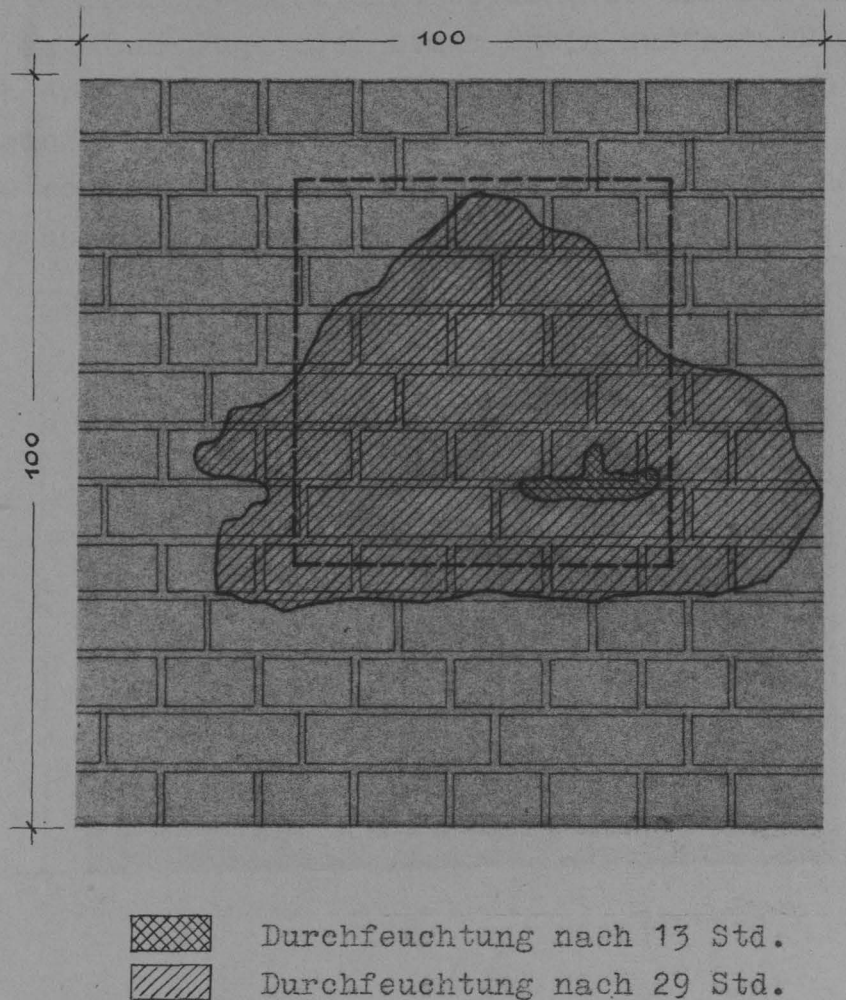
Ende der Beregnung nach: 29 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2500 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 2 1/2 Wochen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

Besondere Beobachtungen: Noch 4 Tage nach Beendigung der Beregnung vergrößerte sich die durchfeuchtete Fläche.





Versuchswand Nr. 13 :

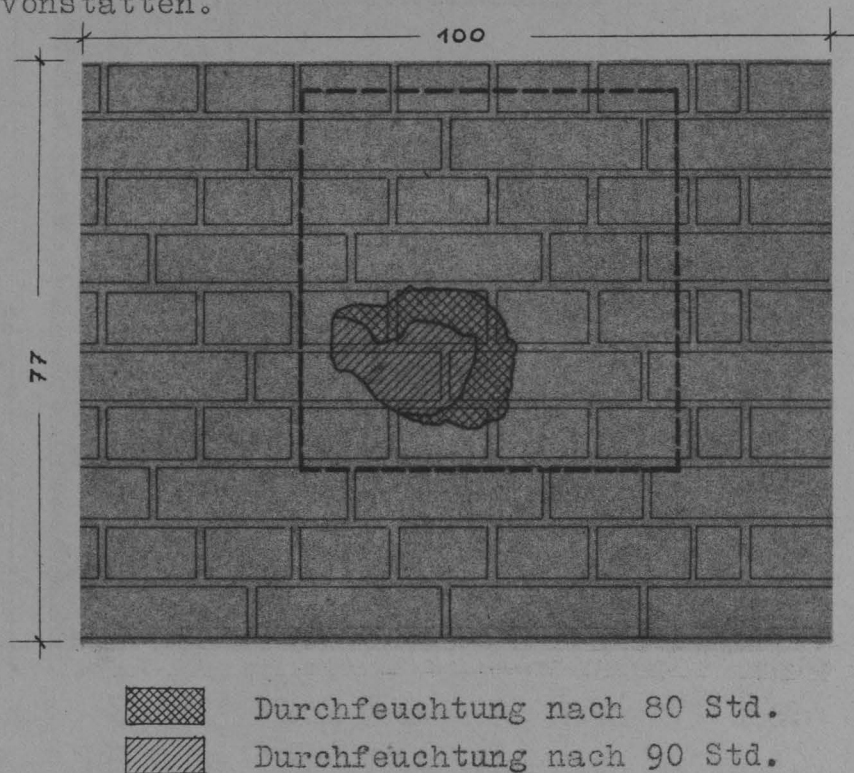
Wandart: KALKSANDSTEINE , 25 cm dick in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert, innen mit 2,5 cm dicker Holzwolle-Leichtbauplatte verkleidet, **darauf** 0,5 cm dicker Kalkputz. Erste Durchfeuchtung **nach:** 80 Stunden im Blendenbereich. Ende der Beregnung **nach:** 90 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 300 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche **nach:** 2 Wochen.

Besondere Beobachtungen: Um die Durchfeuchtung der Kalksandsteine feststellen zu können, wurde auf der Innenseite der Wand ein Fenster durch Putz und Holzwolle-Leichtbauplatten von 20 x 20 cm<sup>2</sup> eingestemmt. Die Durchfeuchtung der Kalksandsteine trat nach 67 Stunden künstlicher Beregnung ein. Es konnte nicht festgestellt werden, ob die Durchfeuchtung zuerst in einer Fuge oder einem Stein auftrat. Die Holzwolle-Leichtbauplatten und der Putz wurden erst nach 80 Stunden durchfeuchtet.

Die Austrocknung der inneren Wandfläche ging verhältnismäßig rasch vonstatten.



#### 4.33 Wände aus Hohlblocksteinen

##### Versuchswand Nr. 14 :

Wandart: ZIEGELSPLITT-Hohlblocksteine (3-Kammer-Steine), 24 cm dick, in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und verputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 75 Stunden innerhalb des Blendenbereiches.

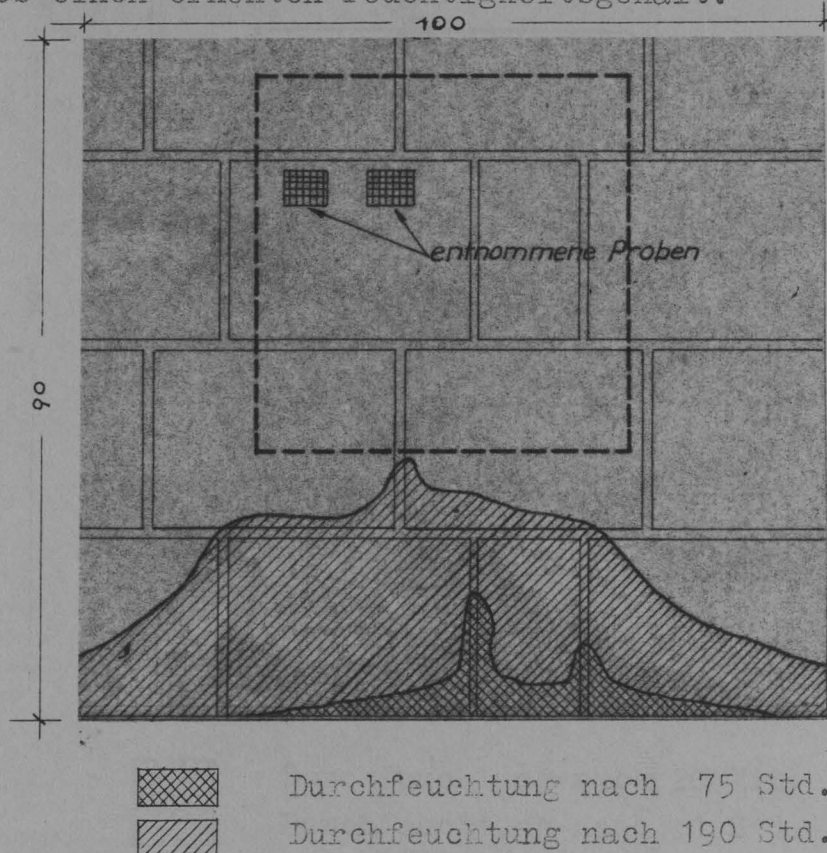
Ende der Beregnung nach: 190 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2000 cm<sup>2</sup>

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 8 Tagen

Art der Durchfeuchtung: Aufsteigende Feuchtigkeit vom Fundament her.

Besondere Beobachtungen: Nach Beendigung des Versuchs wurde die äußere Schale eines Steines an der Innenseite der Wand an 2 Stellen aufgeschlagen. Die Schale war noch nicht durchfeuchtet. Dagegen zeigte der Mittelsteg des Steines einen erhöhten Feuchtigkeitsgehalt.





Versuchswand Nr. 15 :

Wandart: ZIEGELSPLITT-Hohlblocksteine (3-Kammersteine)  
24 cm dick in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und  
unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 20 Minuten im Blendenbereich.

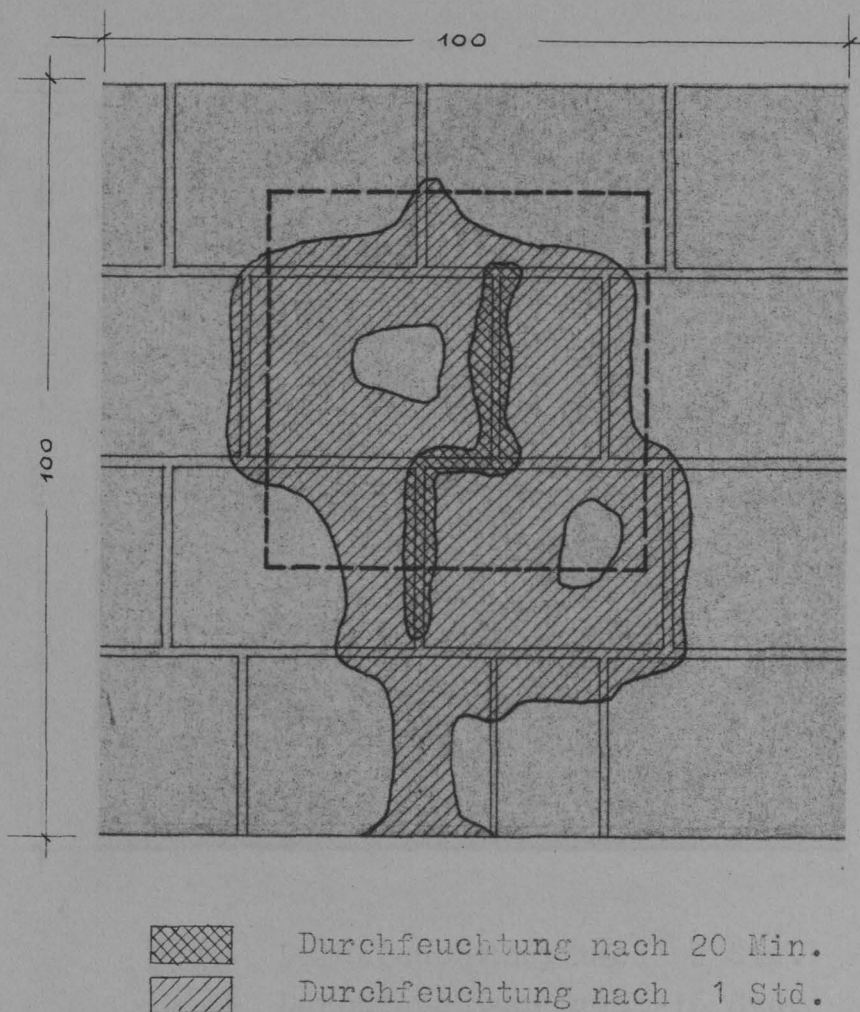
Ende der Beregnung nach: 1 Stunde.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2500 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 9 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

Besondere Beobachtungen: An den Fugen war bereits nach  
30 Minuten Beregnung ein dünner Wasserfilm erkennbar, der  
sich rasch bis auf das Fundament ausbreitete.



Versuchswand Nr. 16 :

Wandart: ZIEGELSPLITT-Hohlblocksteine (3-Kammersteine ),  
24 cm dick, in Kalkzementmörtel hohlfugig aufgemauert  
und unverputzt.

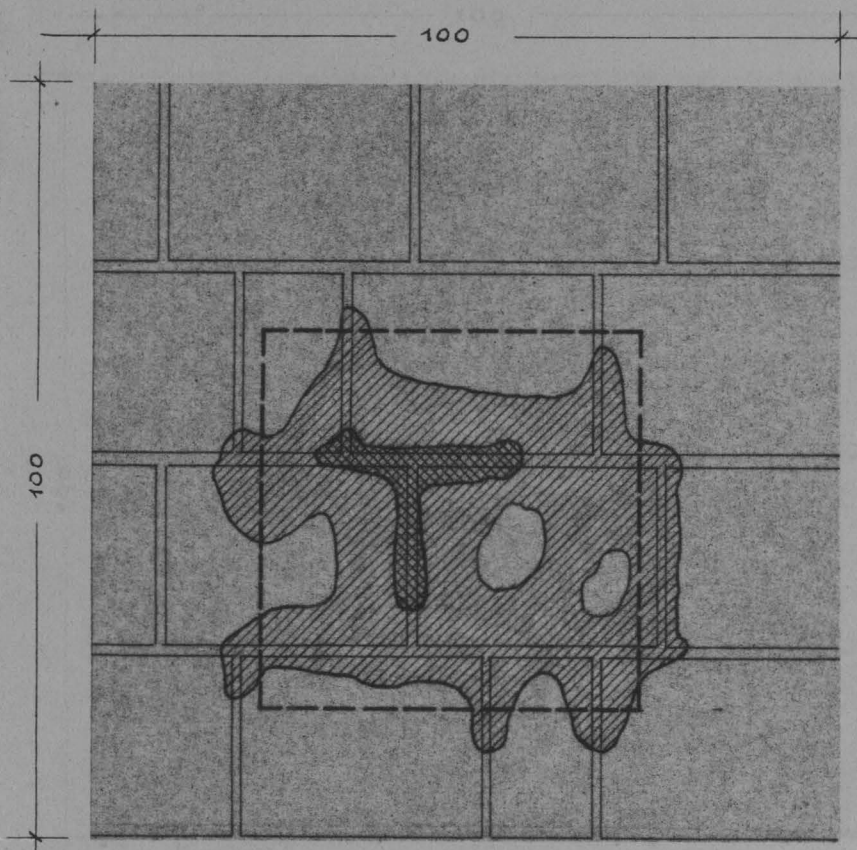
Erste Durchfeuchtung nach: 2 Stunden im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach: 14 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2500 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 10 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.



Durchfeuchtung nach 2 Std.



Durchfeuchtung nach 16 Std.



Versuchswand Nr. 17 :

Wandart: ~~ZIEGELSPLITT~~-Hohlblocksteine (3-Kammersteine),  
30 cm dick, <sup>Fugen</sup> mit Kalkzementmörtel vollfugig <sup>verputzt</sup> aufgemauert und  
unverputzt.

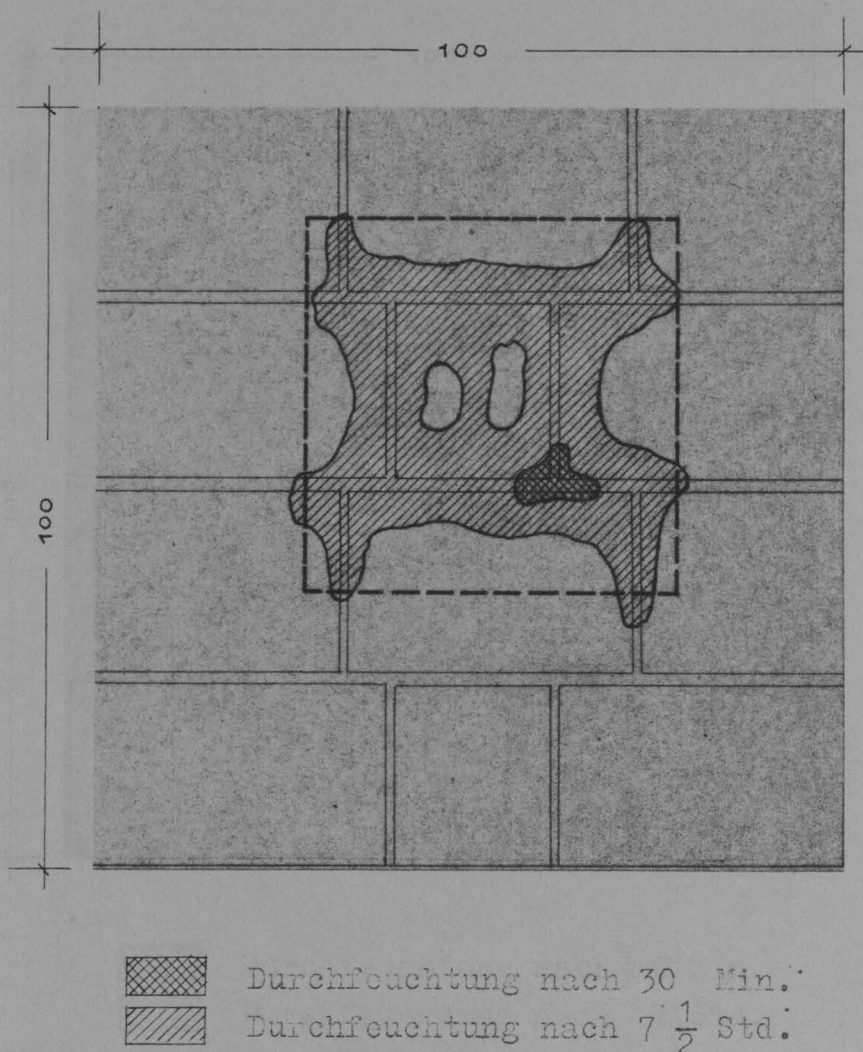
Erste Durchfeuchtung nach: 30 Minuten im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach: 7,5 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2000 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 7 Tagen

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.



Versuchswand Nr. 18 :

Wandart: ZIEGELSPLITT-Hohlblocksteine (4-Kammersteine ),  
30 cm dick, in Kalkzementmörtel <sup>voll</sup>hohlfugig aufgemauert und  
unverputzt.

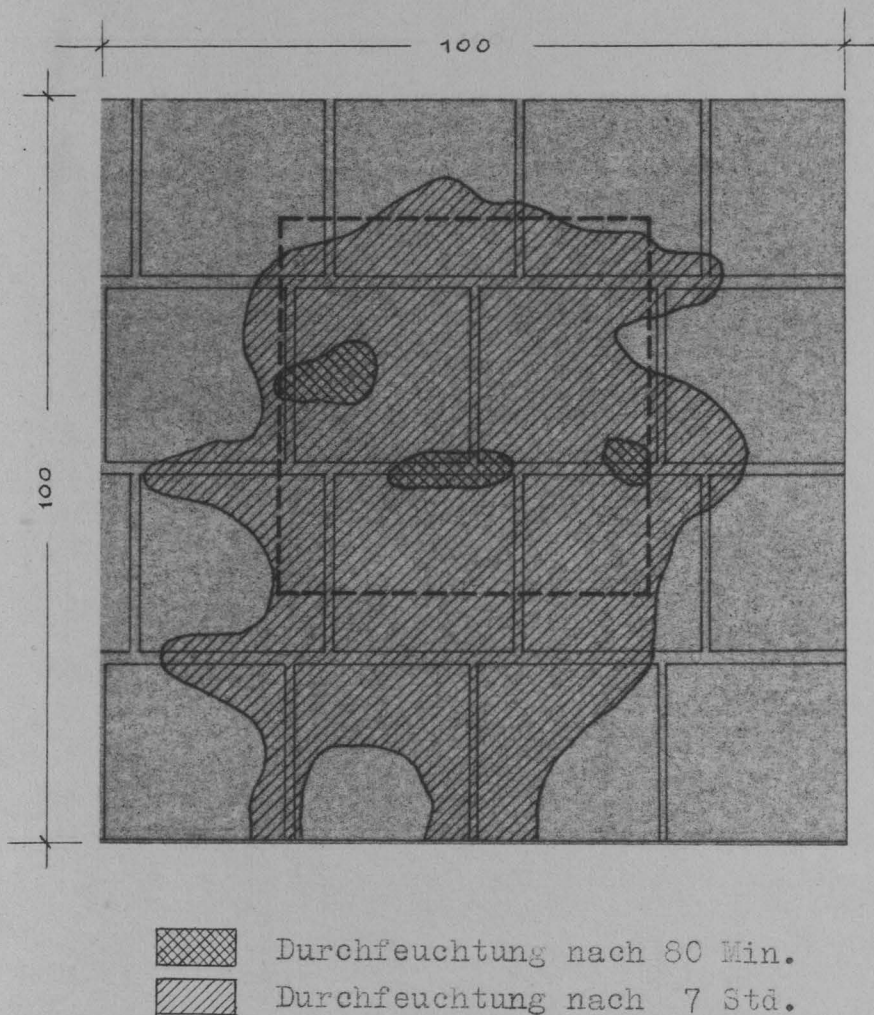
Erste Durchfeuchtung nach: 80 Minuten im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach: 7 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 0,45 m<sup>2</sup>

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 21 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.





Versuchswand Nr. 19 :

Wandart: ZIEGELSPLITT-Hohlblocksteine (4-Kammersteine ),  
30 cm dick, in Kalkzementmörtel hohlfugig aufgemauert und  
unverputzt.

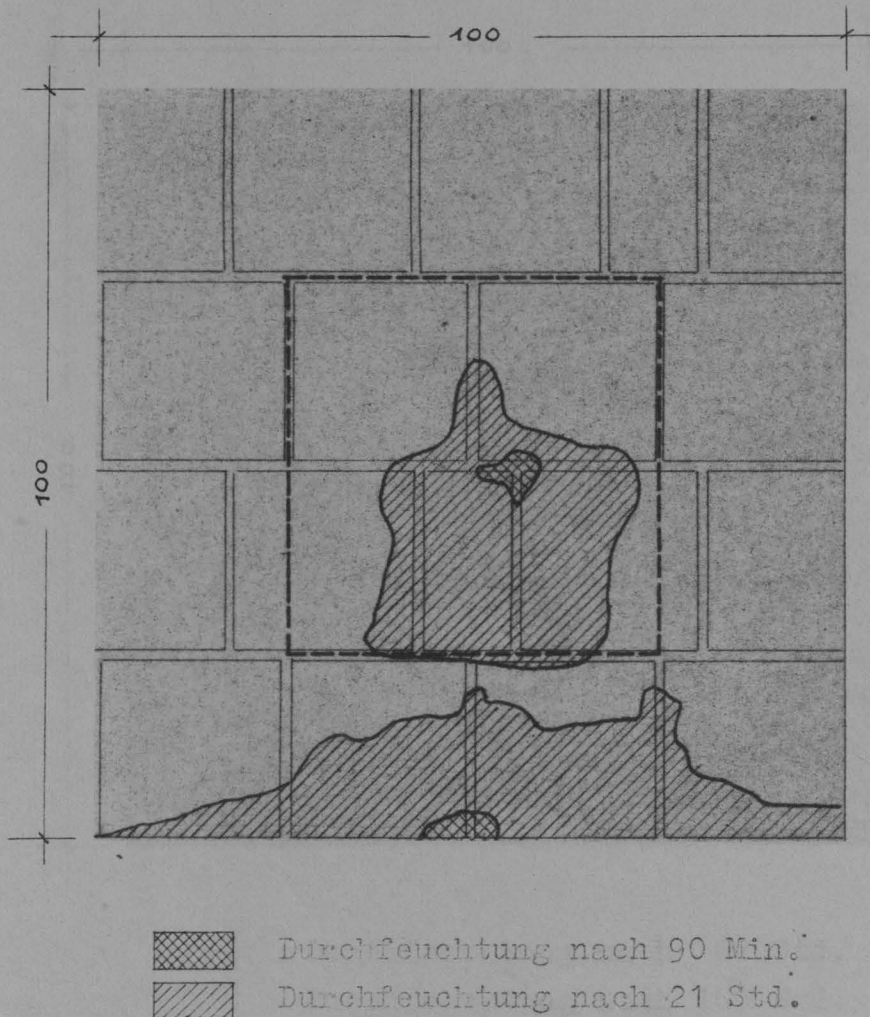
Erste Durchfeuchtung nach: 90 Minuten im Blendenbereich  
und am Fundament.

Ende der Beregnung nach: 21 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2500 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 15 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung und aufsteigende  
Feuchtigkeit vom Fundament her.



Versuchswand Nr. 20 :

Wandart: SCHLACKEN-Hohlblocksteine , (2-Kammersteine ) ,  
24 cm dick, in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und  
verputzt.

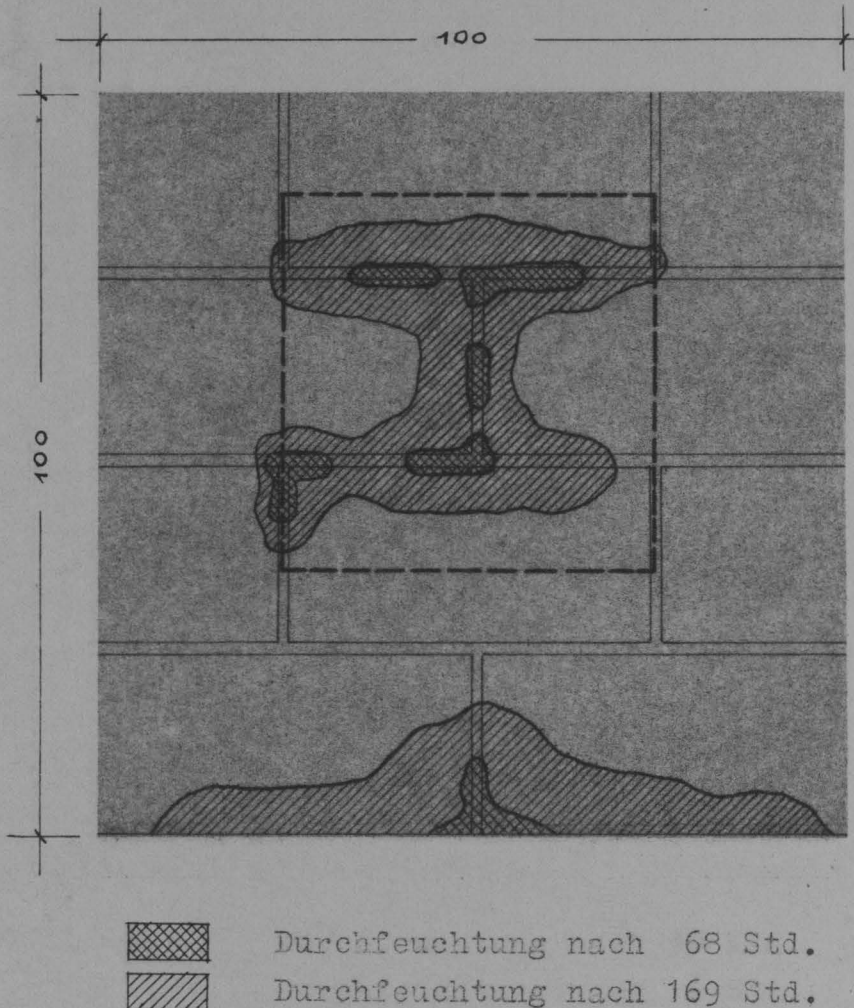
Erste Durchfeuchtung nach: 68 Stunden im Blendenbereich  
und am Fundament.

Ende der Berechnung nach: 169 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2500 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 3 Tagen

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung und aufsteigende Feuchtigkeit vom Fundament her.





Versuchswand Nr. 21 :

Wandart: SCHLACKEN-Hohlblocksteine (2-Kammersteine ),  
24 cm dick, in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und  
unverputzt.

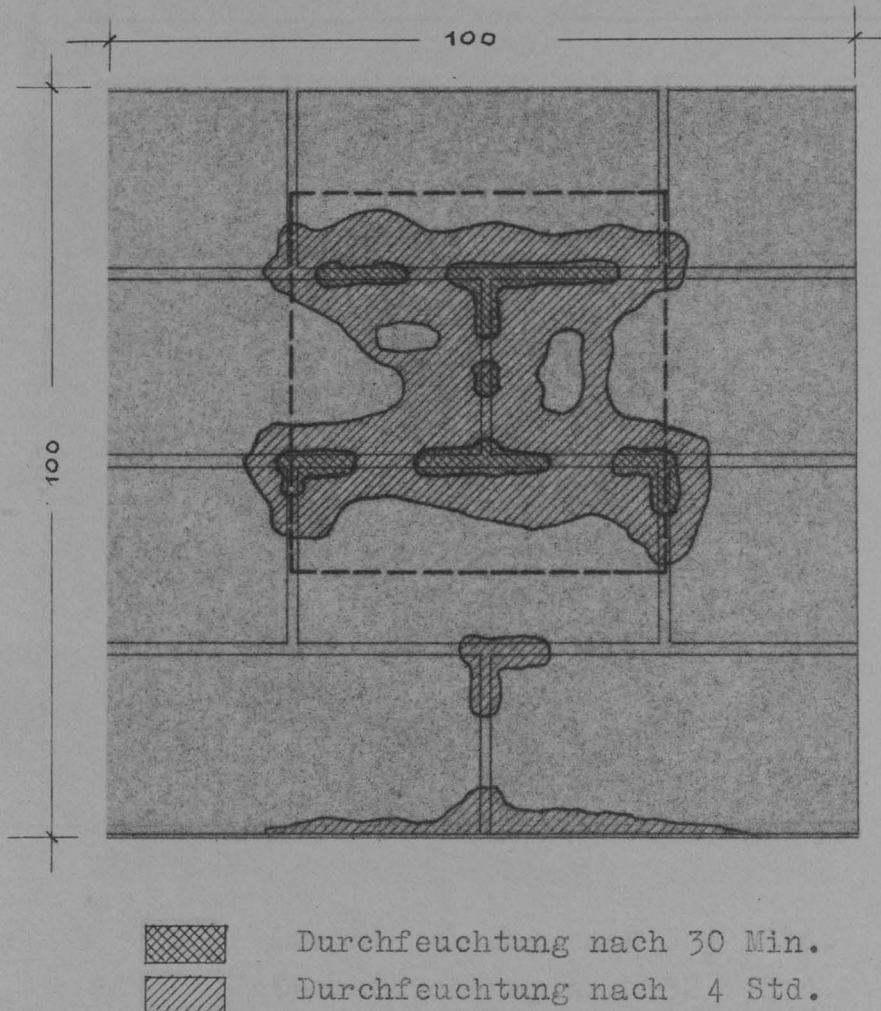
Erste Durchfeuchtung nach: 30 Minuten im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach: 4 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2000 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 4 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung .



Versuchswand Nr. 22 :

Wandart: SCHLACKEN-Hohlblocksteine (2-Kammersteine ),  
24 cm dick, in Kalkzementmörtel hohlfugig aufgemauert und  
unverputzt.

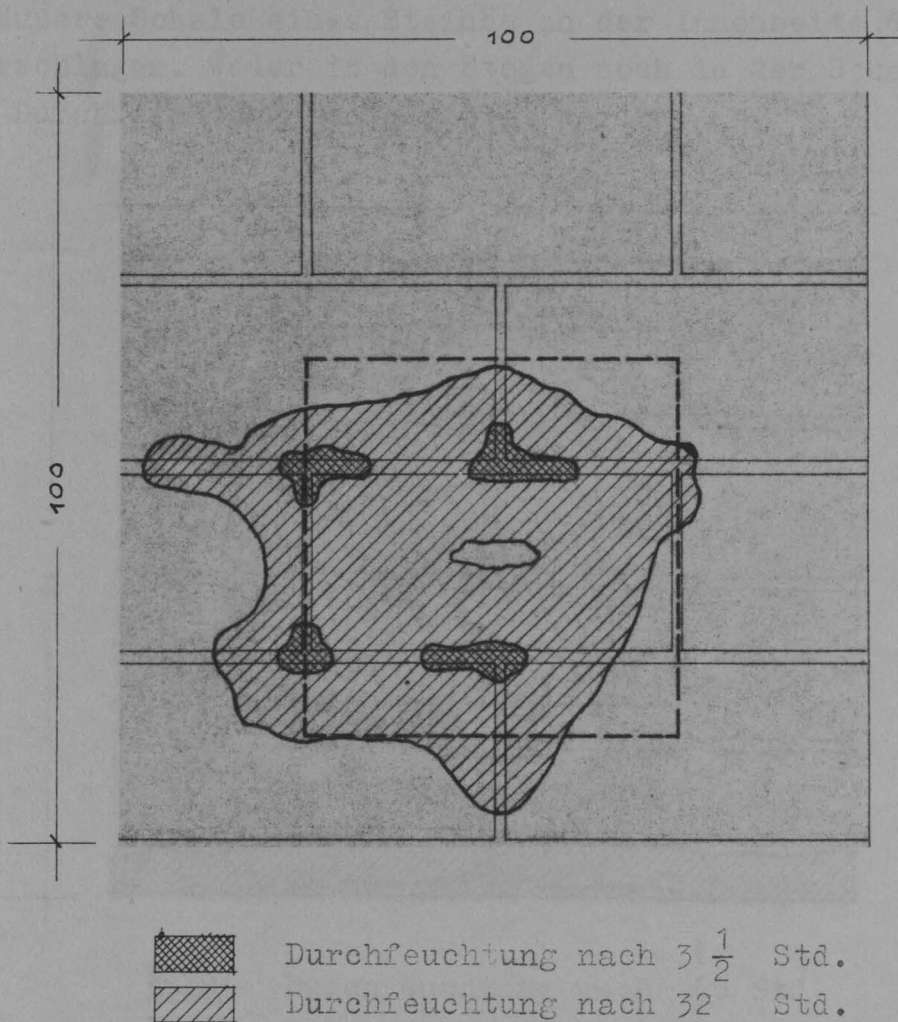
Erste Durchfeuchtung nach: 3,5 Stunden im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach: 32 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2500 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 7 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.





Versuchswand Nr. 23 :

Wandart: NATURBIMS-Hohlblocksteine (2-Kammersteine ),  
24 cm dick, in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert  
und verputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 68 Stunden unterhalb des  
Blendenbereiches.

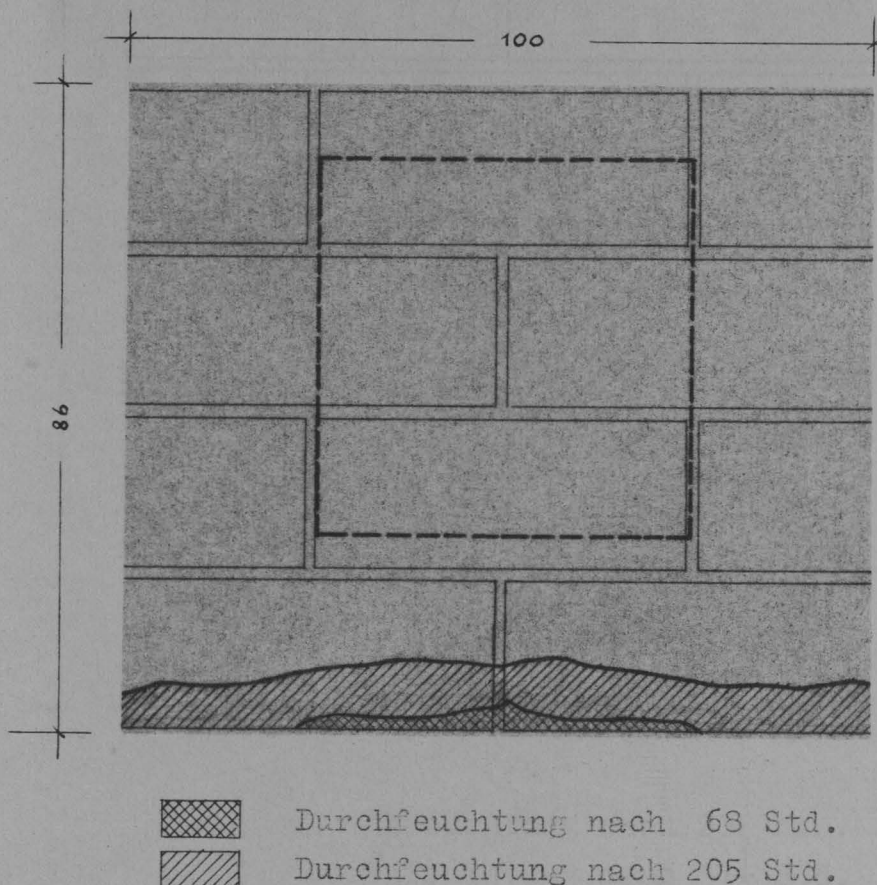
Ende der Beregnung nach: 205 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 1000 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 19 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Aufsteigende Feuchtigkeit vom  
Fundament her.

Besondere Beobachtungen: Nach 205 Stunden Beregnung wurde  
die äußere Schale eines Steines an der Innenseite der Wand  
aufgeschlagen. Weder in den Stegen noch in der Schale konnte  
eine Durchfeuchtung festgestellt werden.



Versuchswand Nr. 24 :

Wandart: NATURBIMS-Hohlblocksteine (2-Kammersteine ),  
24 cm dick, in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert  
und unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 20 Minuten im Blendenbereich.

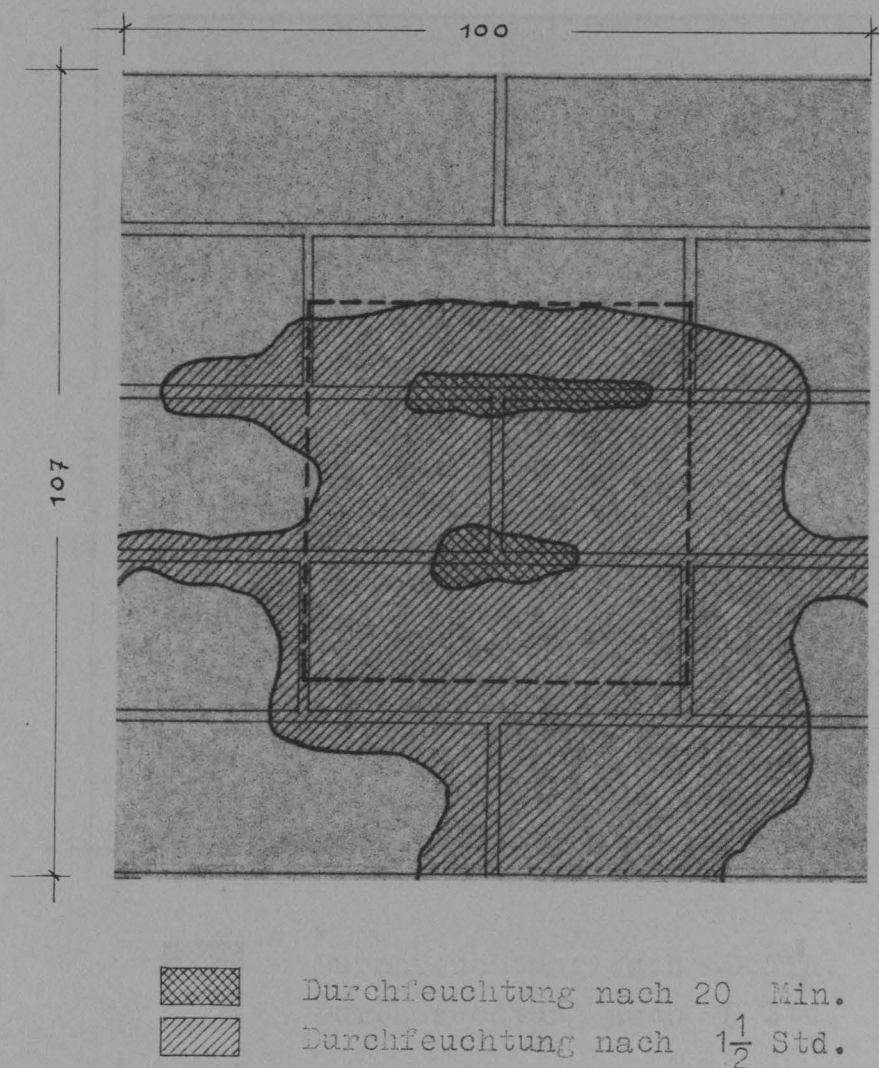
Ende der Beregnung nach: 1,5 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd.  $0,55 \text{ m}^2$ .

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 14 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

Besondere Beobachtungen: Auf der Innenseite der Wand war  
ein schwacher Windstrom zu bemerken. Dort, wo der Wind auf-  
trat, zeigten sich auf der nassen Oberfläche Wasserblasen.





Versuchswand Nr. 25 :

Wandart: NATURBIMS-Hohlblocksteine (2-Kammersteine ),  
24 cm dick, in Kalkzementmörtel hohlfugig aufgemauert und  
unverputzt.

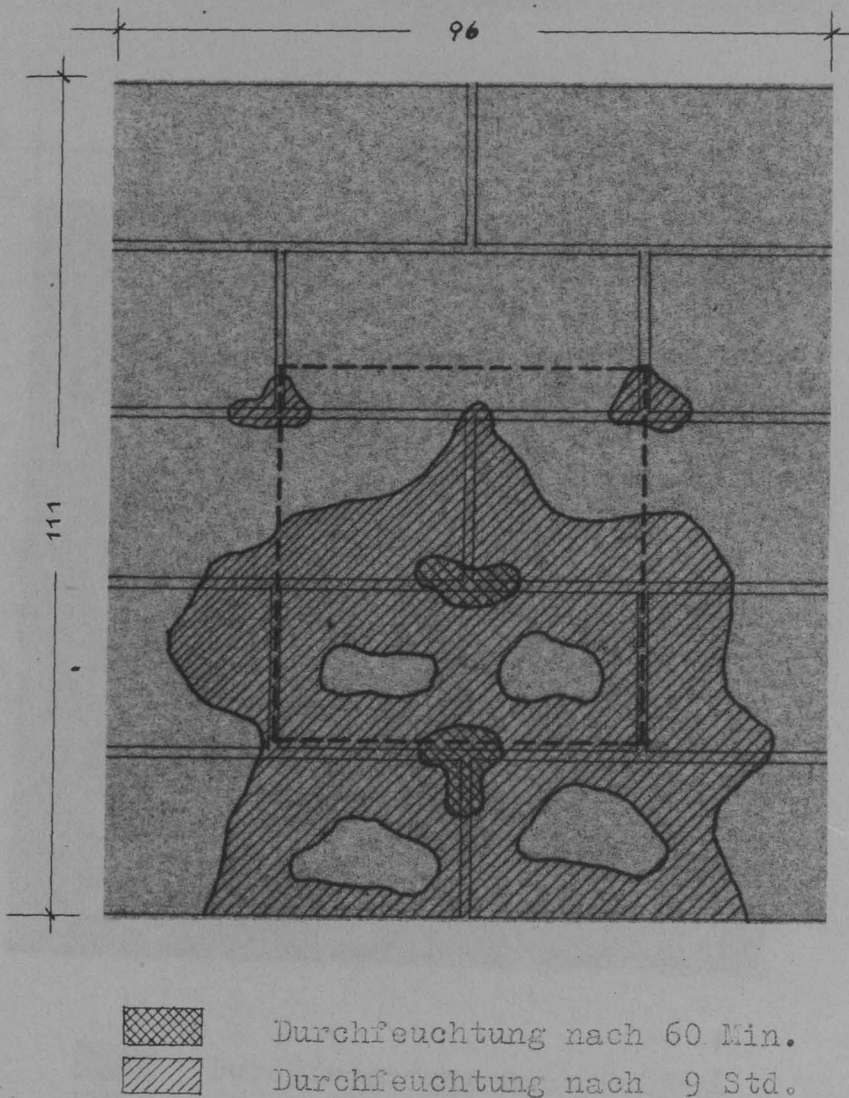
Erste Durchfeuchtung nach: 60 Minuten im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach: 9 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 0,35 m<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 21 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.



Versuchswand Nr. 26 :

**Wandart:** KALKSAND-Hohlblocksteine , 24 cm dick, in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 2 Stunden im Blendenbereich.

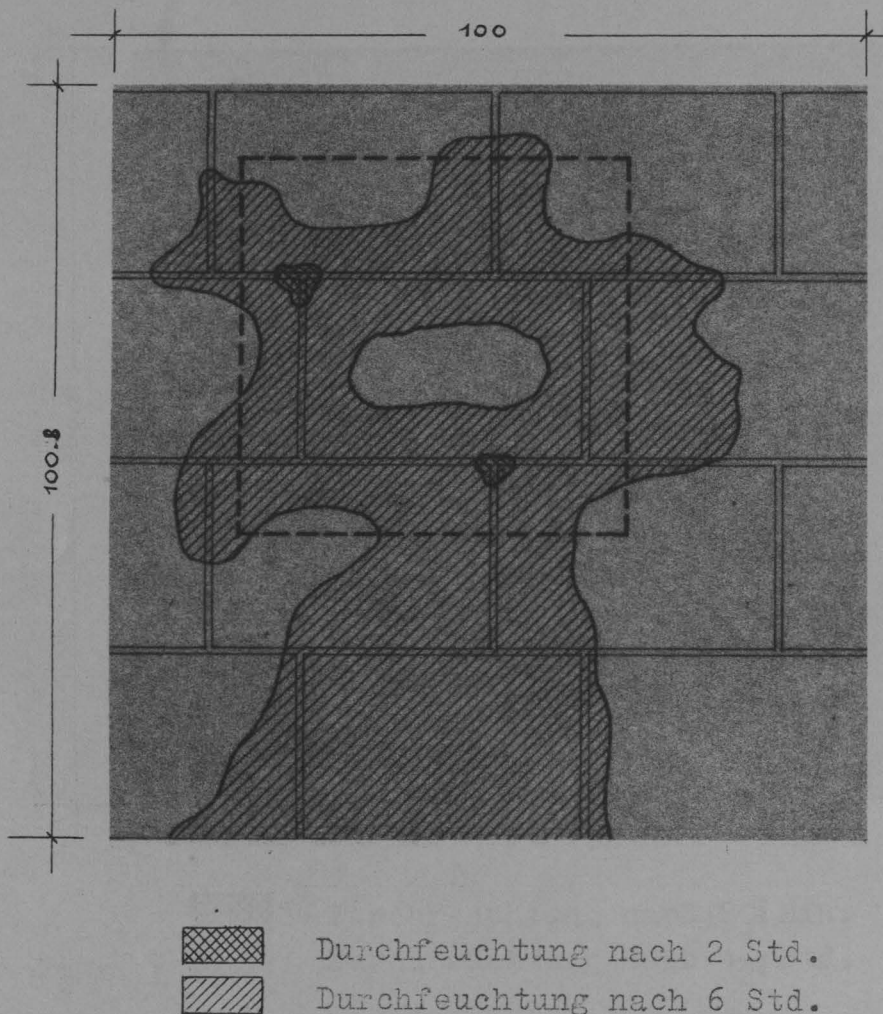
Ende der Beregnung nach: 6 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd.  $0,4 \text{ m}^2$

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 14 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

Besondere Beobachtungen: Nach etwa 4 Stunden Beregnung war ein dünner Wasserfilm auf der Innenseite der Wand erkennbar, der sich schnell bis auf das Fundament ausbreitete.





Versuchswand Nr. 27 :

Wandart: KALKSAND-Hohlblocksteine , 24 cm dick, in Kalkzementmörtel hohlfugig aufgemauert und unverputzt.

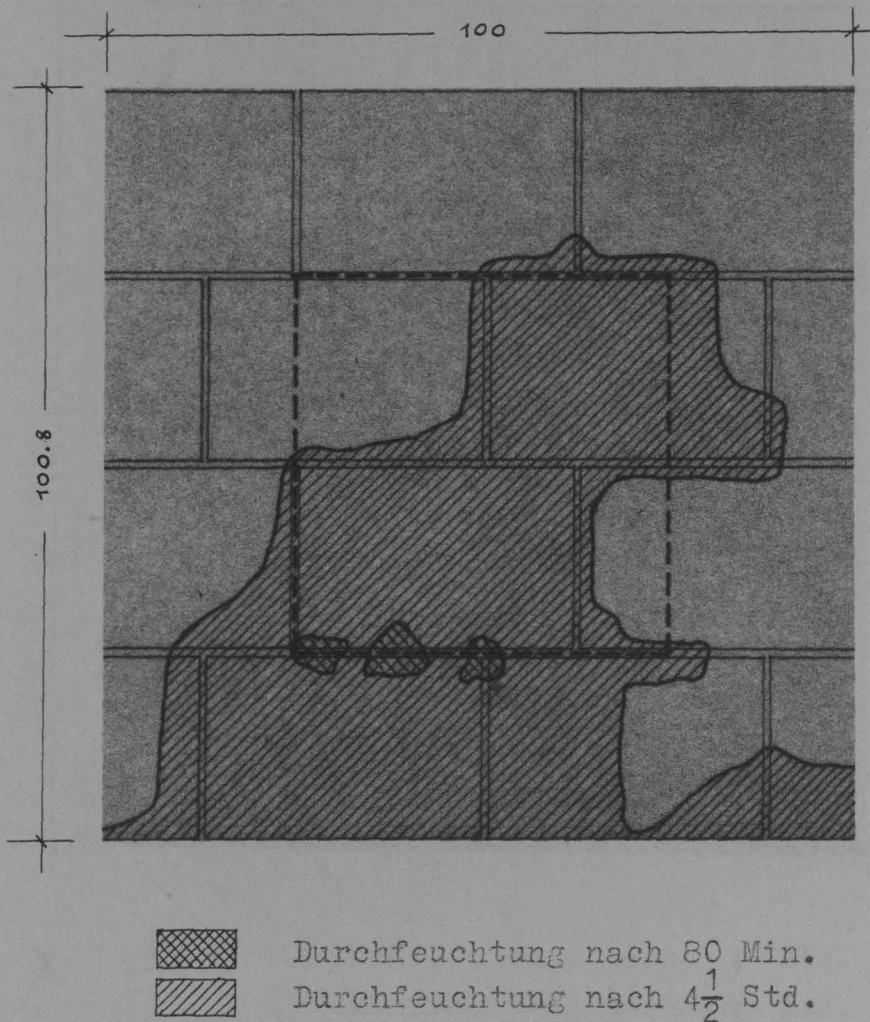
Erste Durchfeuchtung nach: 80 Minuten im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach: 4,5 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd.  $0,4 \text{ m}^2$ .

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 13 Tagen.

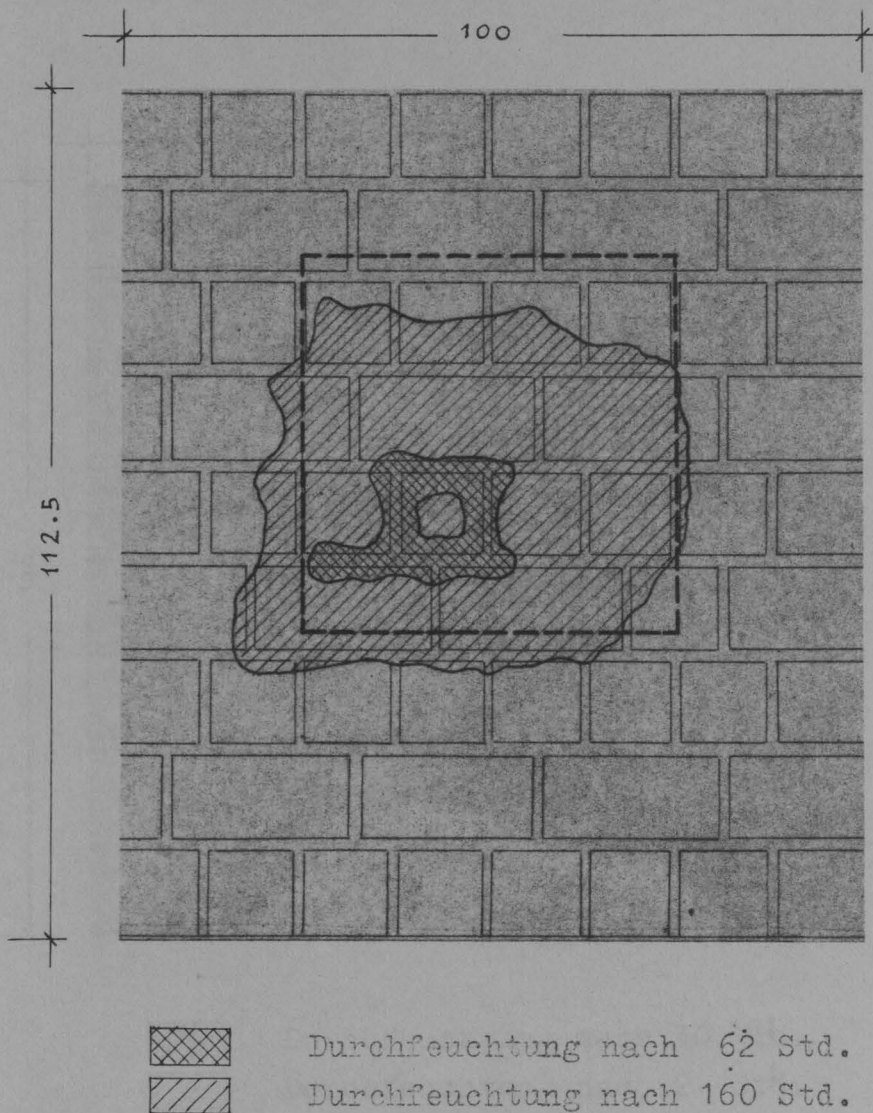
Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.



#### 4.34 Wände aus Leichtbeton-Vollsteinen

##### Versuchswand Nr. 28 :

Wandart: ZIEGELSPLITT-Vollsteine , 24 cm dick, in Kalk-  
zementmörtel vollfugig aufgemauert und verputzt.  
Erste Durchfeuchtung nach: 62 Stunden im Blendenbereich.  
Ende der Beregnung nach: 160 Stunden.  
Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2500 cm<sup>2</sup>.  
Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 14 Tagen.  
Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.





Versuchswand Nr. 29 :

Wandart: ZIEGELSPLITT-Vollsteine , 24 cm dick, in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 30 Minuten im Blendenbereich.

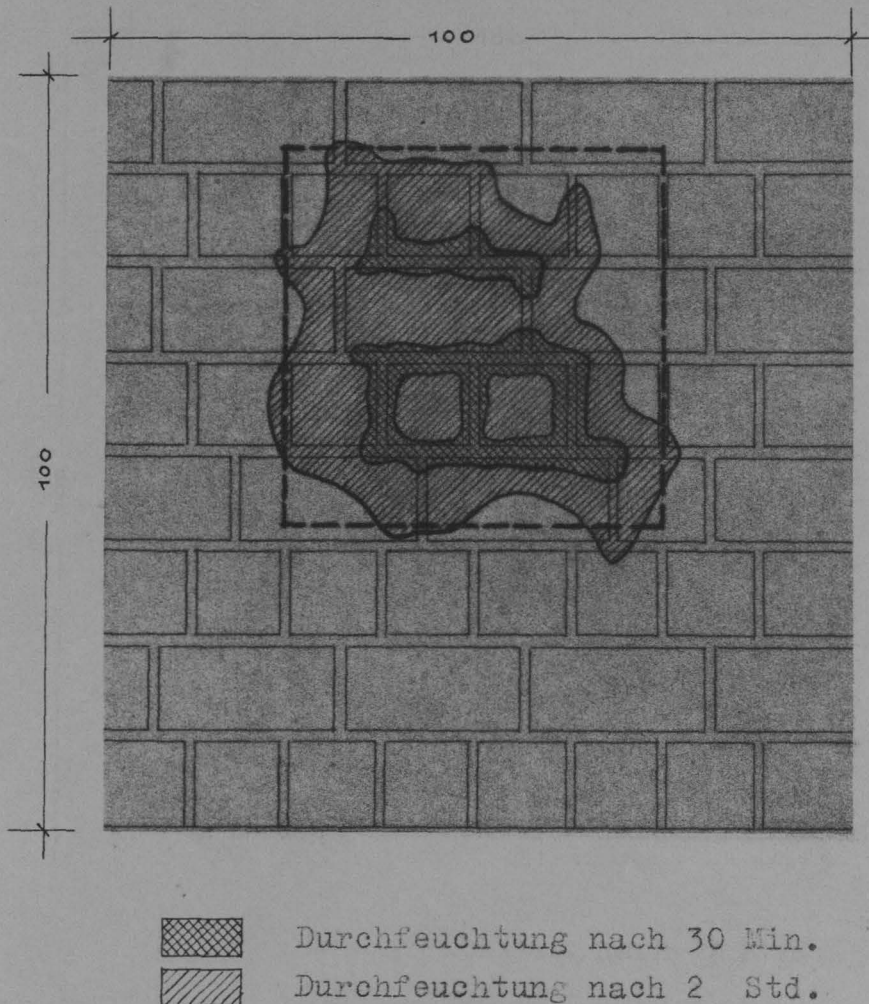
Ende der Beregnung nach: 2 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2000 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 12 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

Besondere Beobachtungen: Nach 2 Stunden Beregnung begann aus Fugen und Steinen Wasser auszutreten. Der Druck des Windes war auf der Innenseite der Wand noch feststellbar.



Versuchswand Nr. 30 :

Wandart: 'ZIEGELSPLITT-Vollsteine', 24 cm dick, in Kalkzementmörtel hohlfugig aufgemauert und unverputzt.

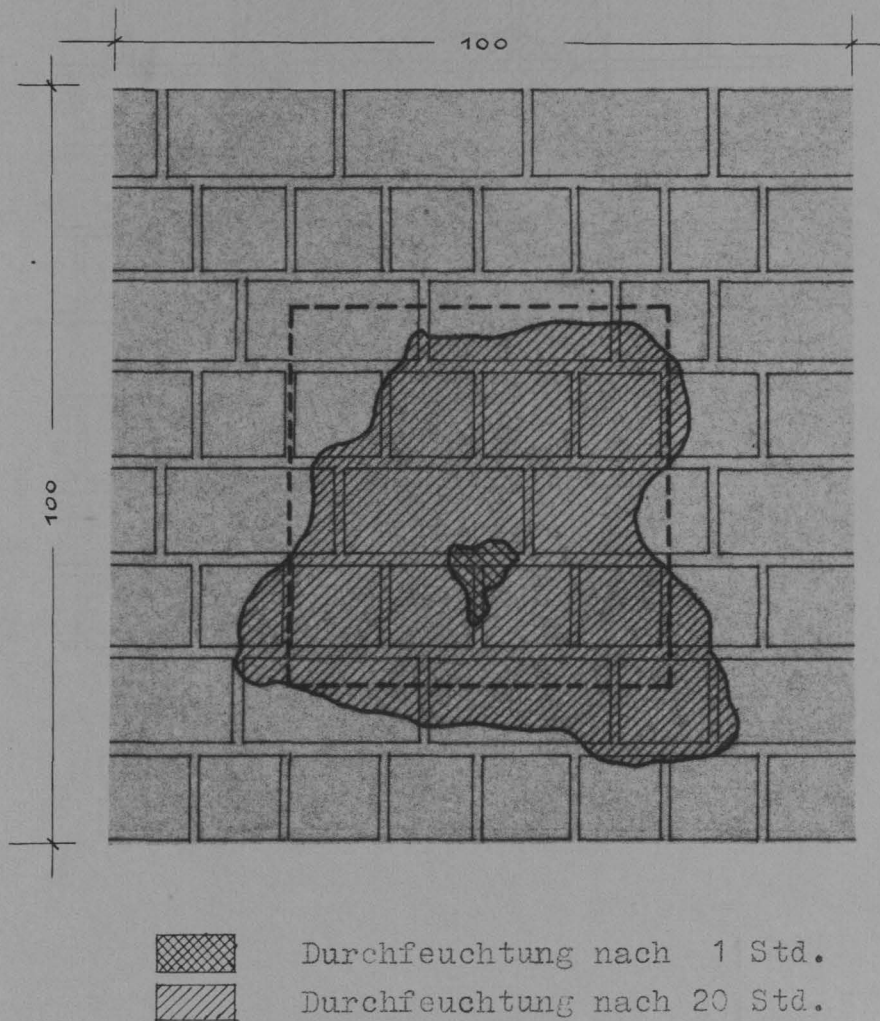
Erste Durchfeuchtung nach: 60 Minuten im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach: 20 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2500 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 18 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.





Versuchswand Nr. 31 :

Wandart: SCHLACKEN-Vollsteine, 24 cm dick in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und verputzt.

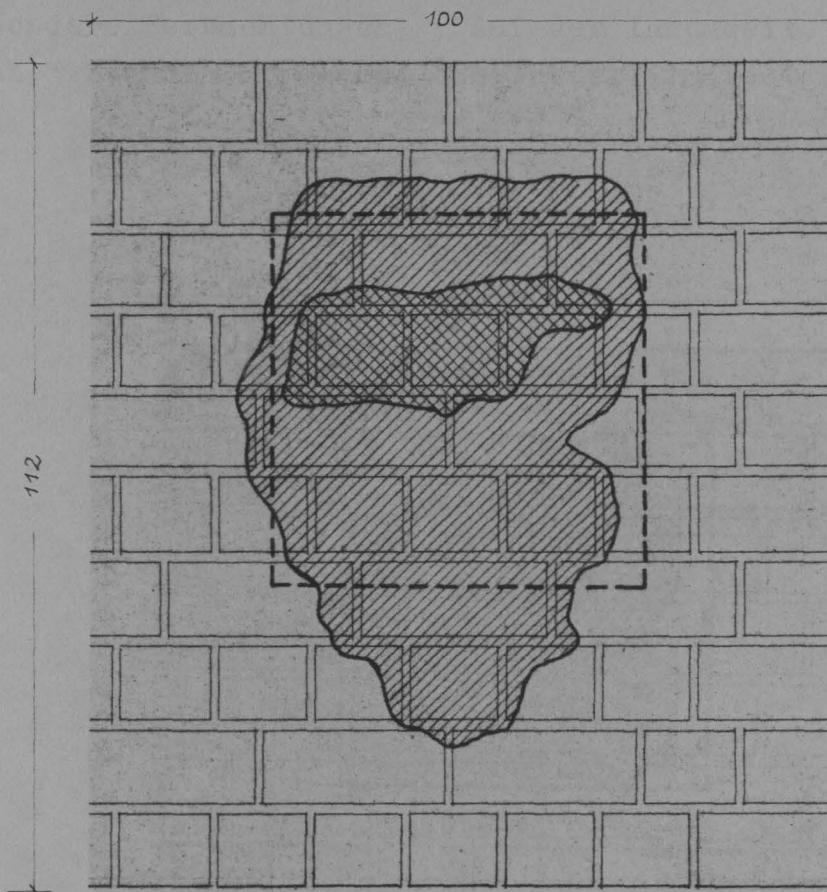
Erste Durchfeuchtung nach: 65 Stunden im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach: 142 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2500 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 7 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.



Durchfeuchtung nach 65 Std.



Durchfeuchtung nach 142 Std.

Versuchswand Nr. 32 :

Wandart: SCHLACKEN-Vollsteine , 24 cm dick, in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 45 Minuten im Blendenbereich.

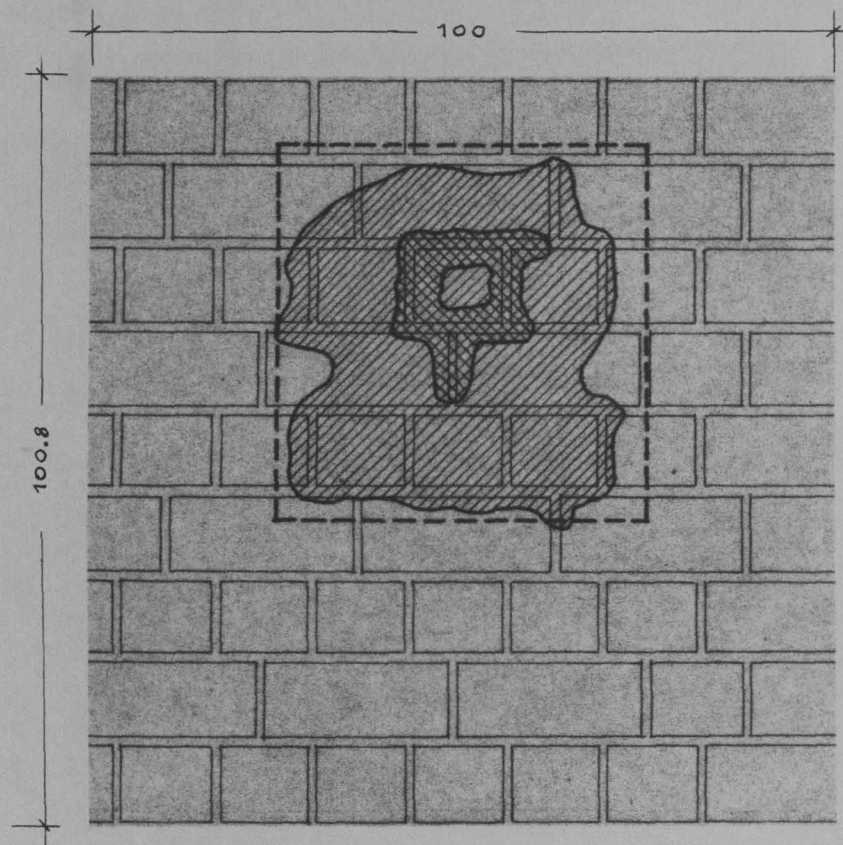
Ende der Beregnung nach: 3 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2000 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 10 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

Besondere Beobachtungen: Auf der Innenseite der Wand konnte nach 3 Stunden Beregnung ein Wasserfilm festgestellt werden.



Durchfeuchtung nach 45 Min.



Durchfeuchtung nach 3 Std.



Versuchswand Nr. 33 :

Wandart: SCHLACKEN-Vollsteine , 24 cm dick, in Kalk-  
zementmörtel hohlfugig aufgemauert und unverputzt.

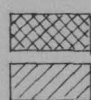
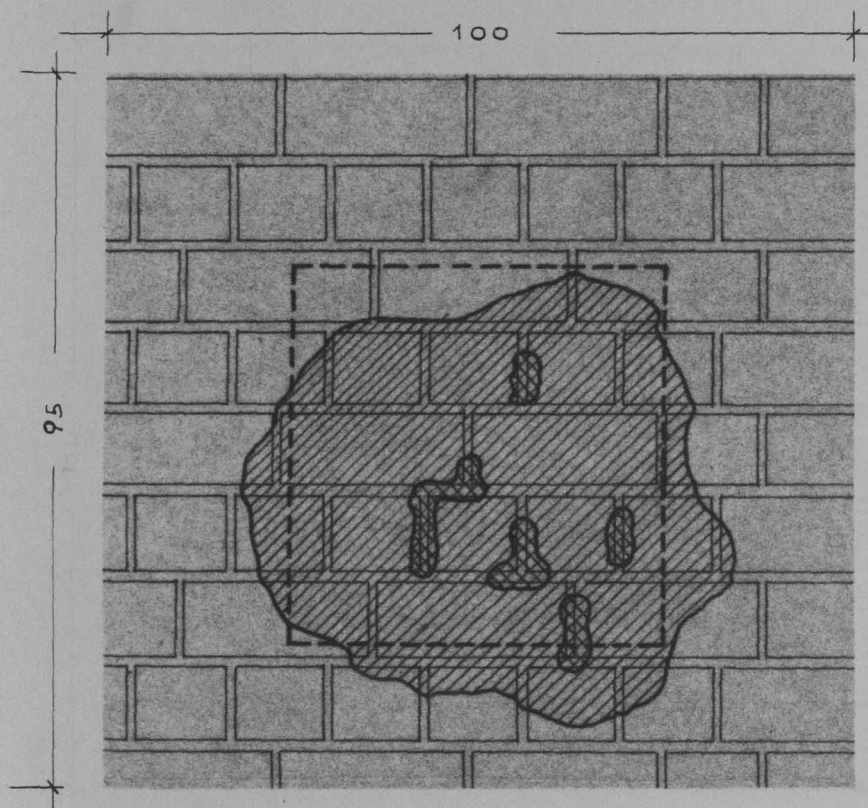
Erste Durchfeuchtung nach: 2,5 Stunden im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach: 7,5 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2500 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 11 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.



Durchfeuchtung nach  $2\frac{1}{2}$  Std.

Durchfeuchtung nach  $7\frac{1}{2}$  Std.

Versuchswand Nr. 34 :

Wandart: NATURBIMS-Vollsteine , 24 cm dick, in Kalkzementmörtel vollfugig vermauert **und** unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 20 Minuten im Blendenbereich.

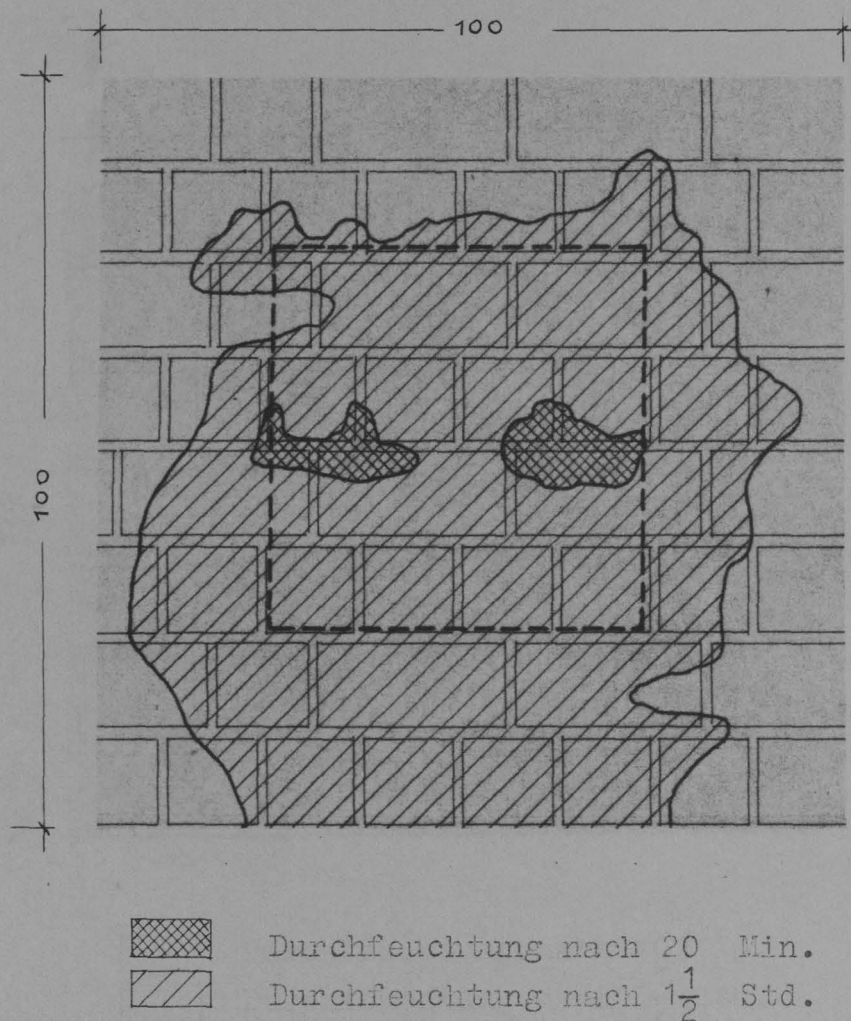
Ende der Beregnung nach: 1,5 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd.  $0,6 \text{ m}^2$ .

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 25 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

Besondere Beobachtungen: Der durch das Mauerwerk durchgehende Wind erzeugte auf der Innenseite an den durchfeuchteten Stellen kleine Wasserblasen. Nach 1,5 Stunden künstlicher Beregnung trat Wasser in Tropfenform aus.





Versuchswand Nr. 35 :

Wandart: NATURBIMS-Vollsteine, 24 cm dick, in Kalkzementmörtel hohlfugig vermauert und unverputzt.

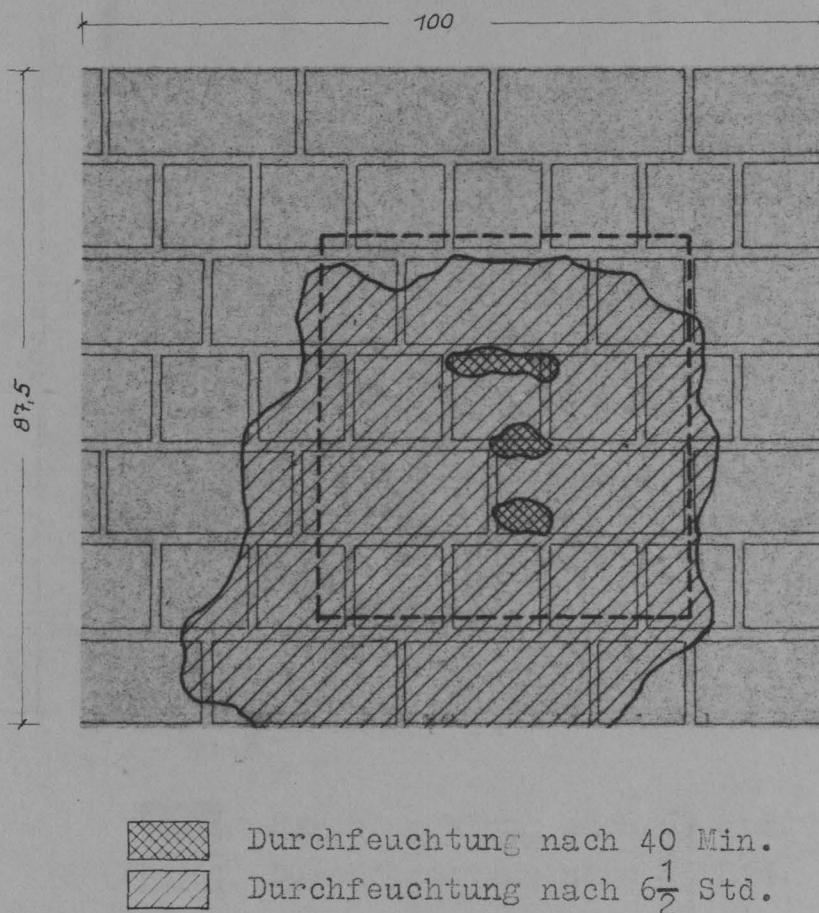
Erste Durchfeuchtung nach: 40 Minuten im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach:  $6\frac{1}{2}$  Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd.  $0,4 \text{ m}^2$ .

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 28 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.



#### 4.35 Wände aus Porenbetonsteinen

##### Versuchswand Nr. 36 :

Wandart: YTONG-Wandbausteine , 20 cm dick, in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und verputzt.

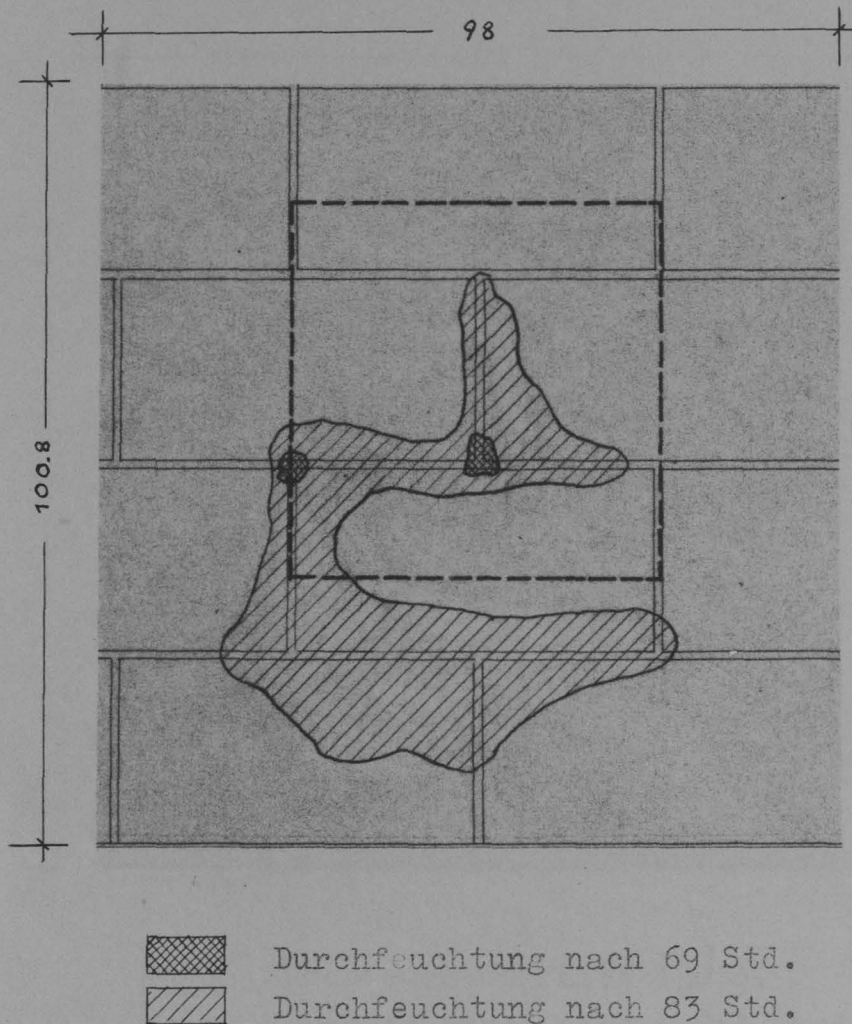
Erste Durchfeuchtung nach: 69 Stunden im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach: 83 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2000 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 5 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.





Versuchswand Nr. 37 :

Wandart: YTONG-Wandbausteine , 20 cm dick, in Kalkzementmörtel vollfugig aufgemauert und unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 1 Stunde im Blendenbereich.

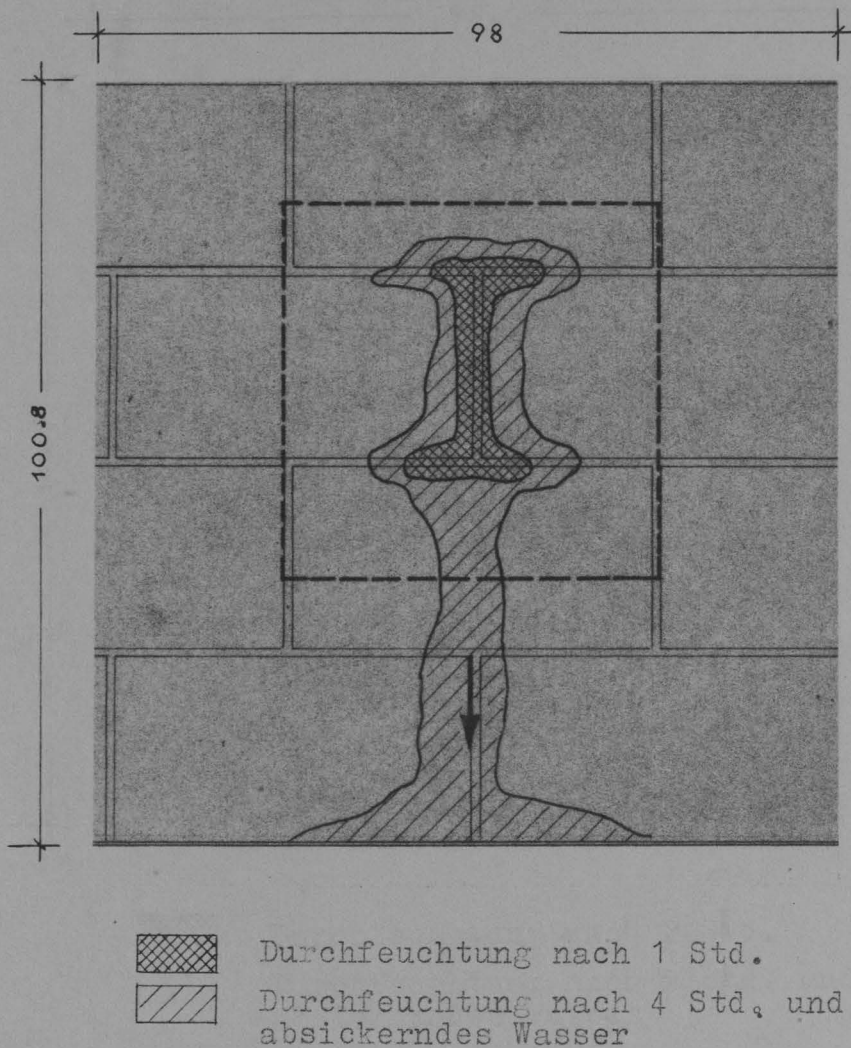
Ende der Beregnung nach: 4 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 0,15 m<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 3 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

Besondere Beobachtungen: Nach 3,5 Stunden künstlicher Beregnung trat Wasser in Tropfenform an der Durchfeuchtungsstelle im Blendenbereich aus. Das Wasser breitete sich schnell über die Steine bis auf das Fundament aus.



Versuchswand Nr. 38 :

Wandart: YTONG-Wandbausteine , 20 cm dick, in Kalkzementmörtel hohlfugig aufgemauert und unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 2 Stunden im Blendenbereich.

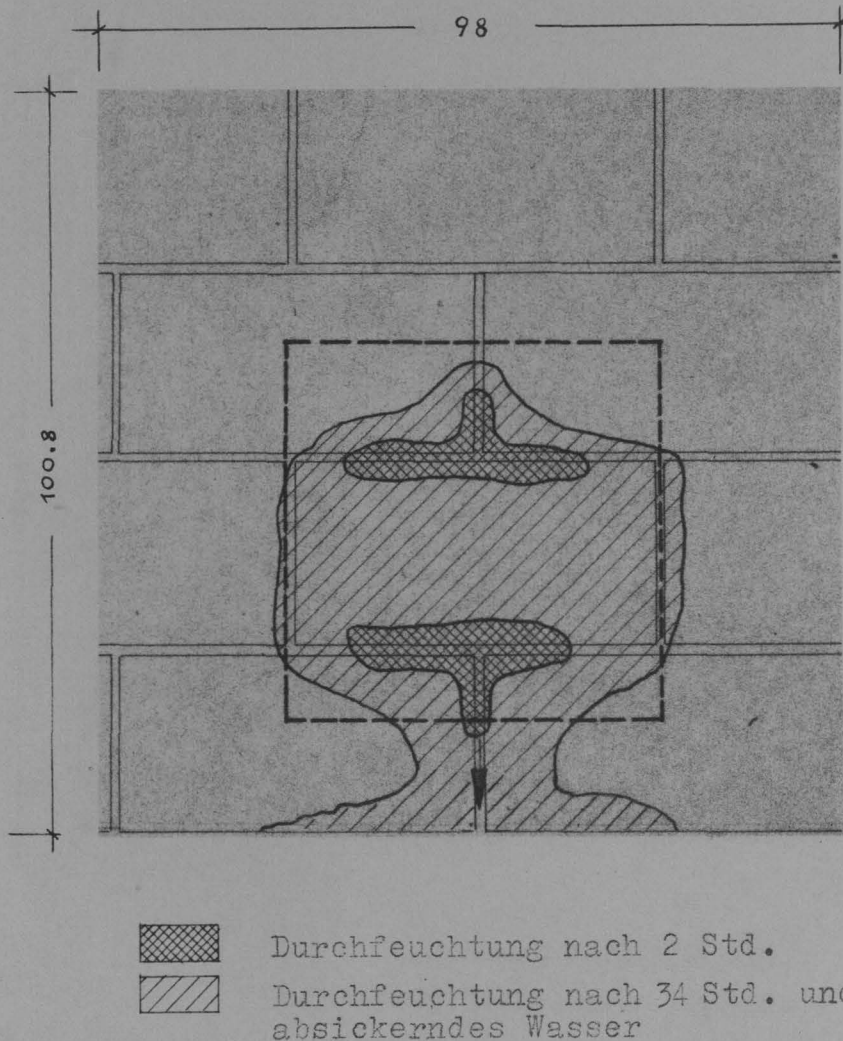
Ende der Beregnung nach: 34 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2500 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 4 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

Besondere Beobachtungen: Am Ende der künstlichen Beregnung tropfte an der Innenseite der Wand heruntergelaufenes Wasser am Fundament ab.





Versuchswand Nr. 39 :

Wandart: SIPOREX-Wandbausteine , 20 cm dick, in Kalkzementmörtel vollfugig vermauert und unverputzt.

Erste Durchfeuchtung nach: 30 Minuten im Blendenbereich.

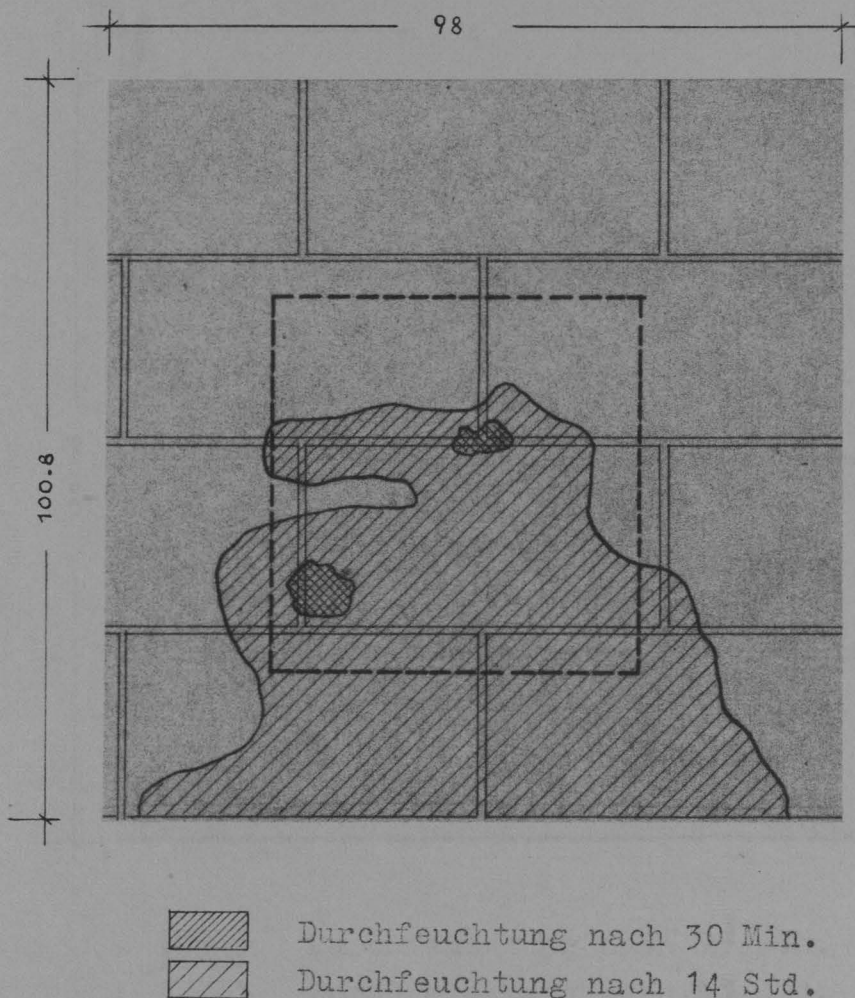
Ende der Beregnung nach: 14 Stunden.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 14 Tagen.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd.  $0,3 \text{ m}^2$ .

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.

Besondere Beobachtungen: Bereits nach 2 Stunden künstlicher Beregnung war an der Innenseite der Wand das austretende Wasser bis auf das Fundament heruntergelaufen.



Versuchswand Nr. 40 :

Wandart: SIPOREX-Wandbausteine, 20 cm dick, in Kalkzementmörtel hohlfugig vermauert und unverputzt.

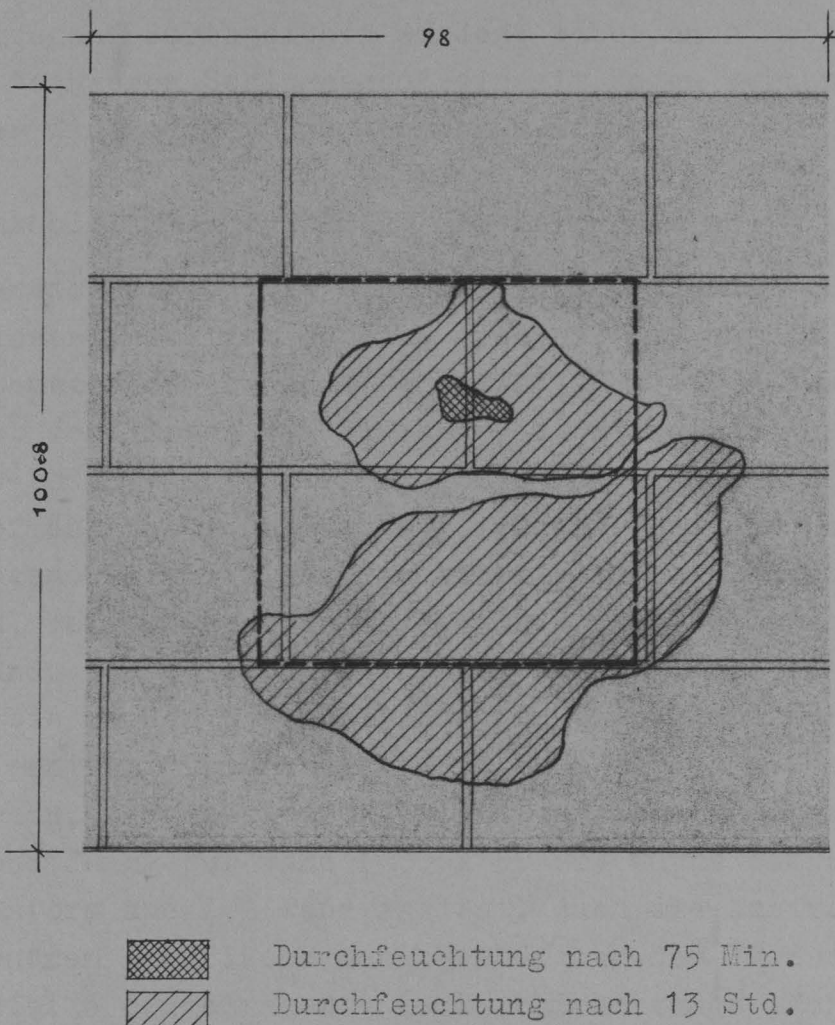
Erste Durchfeuchtung nach: 75 Minuten im Blendenbereich.

Ende der Beregnung nach: 13 Stunden.

Größe der durchfeuchteten Fläche: rd. 2500 cm<sup>2</sup>.

Abtrocknung der durchfeuchteten Fläche nach: 5 Tagen.

Art der Durchfeuchtung: Fugendurchfeuchtung.





## 5. Schlußfolgerungen aus den Versuchsergebnissen

### 5.1 Allgemeines

Der Zweck der im Auftrage des Herrn Bundesministers für Wohnungsbau durchgeführten Versuche war, die heute auf dem Bauparkt befindlichen Wandbaustoffe auf Widerstandsfähigkeit gegen Schlagregen zu prüfen. Als Vergleichsunterlage dienten die Arbeiten von Thein<sup>1)</sup> und Meyer<sup>2)</sup>. Mit der im Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung konstruierten Regenmaschine wurde bei den Versuchen ein Staudruck erzeugt, der einer Windgeschwindigkeit von 25 m/sec. entsprach. Bei einer Windstärke 9 herrscht nach Feststellungen von Bröcker im Küstengebiet eine mittlere Windgeschwindigkeit von 22,6 m/sec. vor, sodaß die Versuche mit einem "schweren Schlagregen" durchgeführt wurden: wobei nach Bröcker unter einem "schweren Schlagregen" ein mit Regen verbundener Wind von der Windstärke 8 zu verstehen ist.

### 5.2 Anzahl, Art und Prüfung der Versuchswände

Die Versuchsergebnisse sind in Tafel 6 zusammengestellt. Aus dieser Tafel ist auch zu ersehen, daß aus 14 verschiedenen Baustoffen 40 Wände von etwa 1,0 x 1,0 m hergestellt wurden. Von diesen Wänden wurden 10 mit einem Außenputz versehen, sodaß ein Vergleich mit 10 Wänden aus den gleichen Baustoffen ohne Außenputz möglich war. Bei der Herstellung der Fugen wurde mit Kalkzementmörtel und Kalkmörtel, mit vollen, vergossenen und Hohlfugen gearbeitet. Auch die Dicke der Wände war verschieden. Festgestellt wurde die Begrenzungszeit, bis zu der die erste Durchfeuchtung auf der Wandrückseite eintrat. Der Beregnungsversuch wurde in der Regel abgebrochen, wenn die durchfeuchtete Fläche größer als die Blendenöffnung der Wand ( 50 x 50 cm) wurde oder Wasser in Tropfenform aus der Wand austrat. Auch die Austrocknungszeit der inneren Wandfläche nach Beendigung des Versuches ist in die Tafel 6 eingetragen. Die Durchfeuchtungsflächen sind in die einzelnen Bilder von den Versuchswänden eingezeichnet.

Tafel 6. Ergebnisse der Berechnungsversuche an Wänden

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Versuchs- wand Nr.	Steine		Dicke cm	Mauer- mörtel	Fugen	Außen- putz	Erste Durchfeuchtig. nach .... Std.	Ende der Berechnung nach Std.	Wandoberfl. abgetrockn. nach Tg.	
1	MAUERZIEGEL	Vollziegel MZ 700	38	KZ	voll	ja	86	700	84	
2				KZ		nein	9	21	28	
3				K		nein	7	17	17	
4		Hochloch- ziegel	24	KZ	voll	ja	82	147	21	
5					voll	nein	10	21	21	
6					hohl	nein	12	23	21	
7		Langloch- ziegel	30	KZ	voll	nein	12	100	14	
8					hohl	nein	x 13	100	17	
9	KALKSAND- VOLLSTEINE	Kalksand- Vollsteine	38	KZ	voll	ja	125	170	14	
10			38	KZ		nein	60	100	14	
11			38	K		nein	58	103	24	
12			25	KZ		nein	13	29	18	
13			27,5 <sup>x</sup>	KZ		ja	80	90	14	
14	LEICHTBETON - HOHLBLOCKSTEINE	Ziegelsplitt- Hohlblockstein (Dreik.)	24	KZ	voll	ja	75	190	8	
15					voll	nein	20 Min.	1	9	
16					hohl	nein	x 2	14	10	
17					vergossen	nein	30 Min.	7,5	7	
18		Ziegelsplitt- Hohlblockstein (Vierk.)	30		voll	nein	80 Min.	7	21	
19					hohl	nein	90 Min.	21	15	
20		Schlacken- Hohlblockstein (Zweik.)	24		voll	ja	68	109	3	
21					voll	nein	30 Min.	4	4	
22					hohl	nein	35	32	7	
23		Naturbims - Hohlblockstein (Zweik.)	24		voll	ja	68	205	19	
24					voll	nein	20 Min.	1,5	14	
25					hohl	nein	60 Min.	9	21	
26		Kalksand- Hohlblockstein	24		voll	nein	2	6	14	
27					hohl	nein	80 Min.	4,5	13	
28	LEICHTBETON - VOLLSTEINE	Ziegelsplitt- Vollstein	24	KZ	voll	ja	62	760	14	
29					voll	nein	30 Min.	2	12	
30					hohl	nein	60 Min.	20	18	
31		Schlacken- Vollstein	24		voll	ja	65	142	7	
32					voll	nein	45 Min.	3	10	
33					hohl	nein	25	7,5	11	
34		Naturbims - Vollstein	24		voll	nein	20 Min.	1,5	25	
35					hohl	nein	40 Min.	6,5	28	
36	PORENBETON- WAND- BAUSTEINE	Ytong	20	KZ	voll	ja	69	83	5	
37					voll	nein	1	4	3	
38					hohl	nein	2	34	4	
39		Siporex	20		voll	nein	30 Min.	14	14	
40					hohl	nein	75 Min.	13	5	

\* verkleidet innen mit 2,5 cm dicker Holzwolleleichtbauplatte



### 5.3 Die Versuchsergebnisse

#### 5.31 Die unverputzten Wände

Die Widerstandsfähigkeit der unverputzten Versuchswände gegen Schlagregen ist bei den meisten der verwendeten Baustoffe sehr gering. Wird die maximale Schlagregenbeanspruchung von 7 Stunden nach Thein zugrunde gelegt, dann haben nur 9 von den 30 unverputzten Wänden dieser Anforderung genügt.

Am besten haben die Wände aus Kalksand-Vollsteinen abgeschnitten, selbst die 25 cm dicke Wand hat 13 Stunden bis zur ersten Durchfeuchtung standgehalten. Die Wände mit Vollsteinen aus Naturbims, Schlacke und Ziegelsplitt zeigen keinen wesentlichen Unterschied. (20 bis 60 Min. bis zur ersten Durchfeuchtung). Vollziegel, Hochlochziegel und Langlochziegel erfüllen die Anforderungen nach Thein, alle Hohlblocksteine sowie Ytong und Siporex in den geprüften Wanddicken aber nicht. Die Wände aus den drei Leichtbetonen Ziegelsplitt, Schlacken, Naturbims und die Wände aus Ytong sowie Siporex wurden zusätzlich außer schwerem Schlagregen mit Schlagregen (mit Regen verbundener Wind mit Windstärke 5) untersucht. Der Zeitpunkt bis zur ersten Durchfeuchtung trat fast zur gleichen Zeit wie beim schweren Schlagregen ein. Die kurze Zeit bis zur Durchfeuchtung dieser unverputzten Wände lässt sich vornehmlich durch das grobporige Steingefüge bei den drei Leichtbetonarten Ziegelsplitt, Schlacke und Naturbims erklären, worin das Wasser infolge der starken Windpressung schnell eindringt. Gegenüber der Wasseraufsaugfähigkeit der Leichtbetone ist die Wasseraufnahmefähigkeit klein, d.h. bei Regen ohne Windpressung wird nur wenig Wasser in die Wände eindringen, wie die Praxis es bestätigt. Bei den Steinen aus dampfgehärtetem Porenbeton ist das kapillare Saugvermögen nur gering, trotzdem an sich die vielen in sich abgeschlossenen Poreneinschlüsse viel Wasser zu binden vermögen. Hohlblock- und Vollsteine aus Leichtbeton verhalten sich bei Schlagregenbeanspruchung ziemlich gleichartig. Die Durchfeuchtungsbilder zeigen aber bei beiden ein durchaus verschiedenes

Bild. Bei den Hohlblocksteinen sammelt sich das durchdringende Wasser in den Hohlkammern, dringt durch die Fugen bis zum Fundament, sodaß oft gleichzeitig Wasser auf der Wandrückseite und am Fuße der Wand auftritt. Bei den Vollsteinen dringt das Wasser auf der Rückseite durch und erscheint z.B. bei den Bimsvollsteinen teilweise auch am Wandfundament.

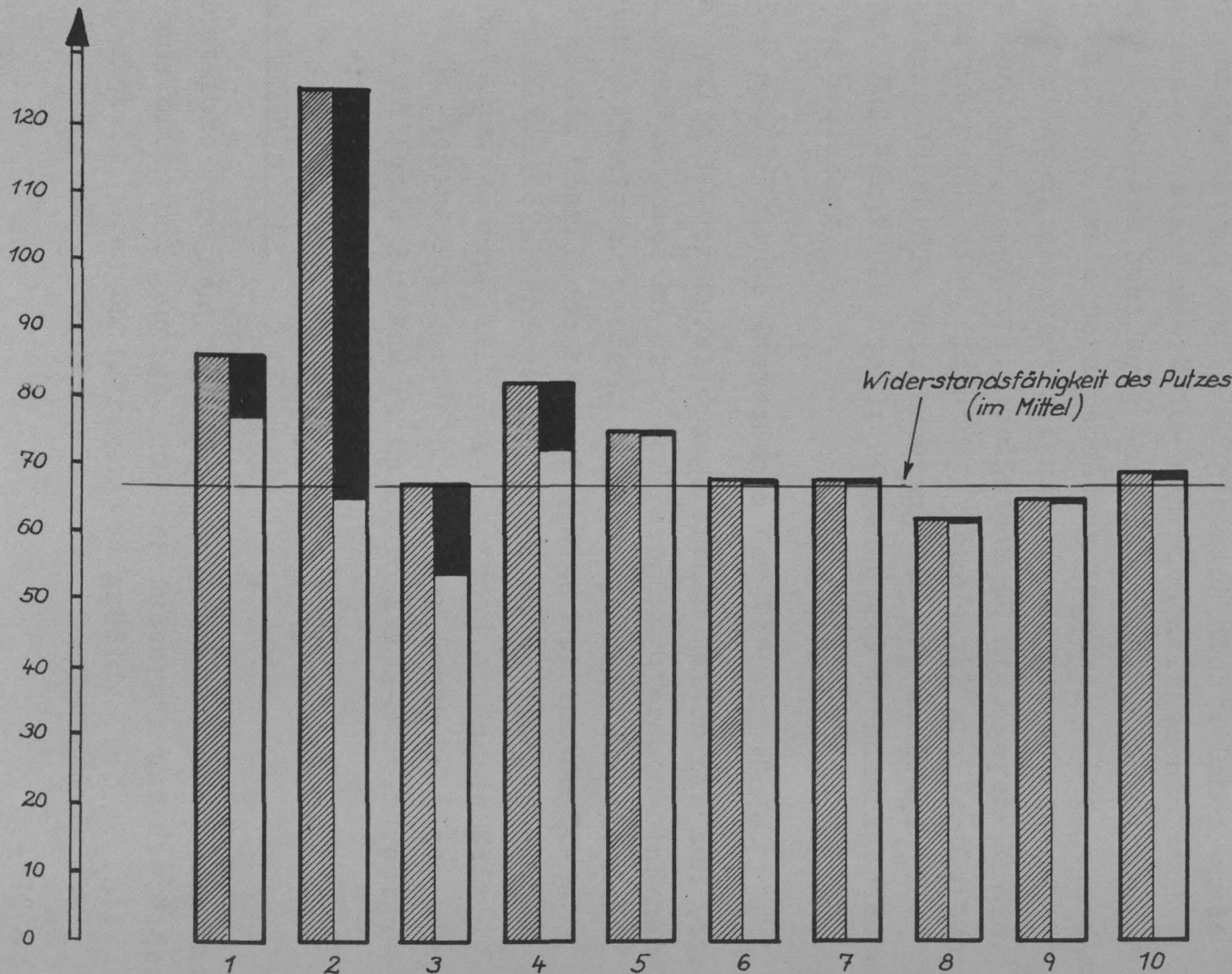
### 5.32 Die verputzten Wände

Die Probewände wurden sehr sorgfältig ausgeführt, die Baustoffe je nach ihrer Eigenart genügend genäst und innen der gleiche zweilagige Putz (Unterputz: Kalkzementmörtel 1:2:8, Oberputz: Kalkmörtel 1:3,5 Rtl.) von demselben Putzer aufgebracht. Vor der Berechnung wurde der Putz innerhalb der Blendenöffnung auf Risse genauestens untersucht und Schäden ausgebessert. Der Einfluß eines einwandfreien Putzes ist naturgemäß bei der Widerstandsfähigkeit gegen Schlagregen ausschlaggebend. Könnte immer für einen einwandfreien Putz ohne Risse garantiert werden, dann spielte bei unverputzten Wänden das Steinmaterial, die Art der Fugen, der Fugenmörtel und auch die Dicke der Wände nur eine zweitrangige Rolle. In Tafel 7 ist der Einfluß des Putzes auf die verputzten Wände zeichnerisch dargestellt. Wird die Zeit bis zur ersten Durchfeuchtung bei der unverputzten Wand von der Zeit bis zur ersten Durchfeuchtung bei der verputzten Wand abgezogen, dann ergibt die Differenz den Einfluß des Putzes allein. Diese Zeit schwankt zwischen 77 Std. (38 cm Wand aus Mz 100) und 54 Std. (25 cm Wand aus Kalksandsteinen). Das Mittel der 10 Wände ergibt 67 Stunden für die Wirkung des Putzes. Diese 67 Stunden sind als rote Linie in Tafel 7 eingezeichnet. Wird wieder die maximale Schlagregenbeanspruchung von 7 Std. nach Thein zugrunde gelegt, dann bieten also die mit einem guten Putz versehenen Wände 9- bis 18-fache Sicherheit und das Steinmaterial spielt keine Rolle. Bei einigen dieser unverputzten Wände wurde nach dem Berechnungsversuch und nach Austrocknung der Wände der Putz innerhalb des Blendenbereichs






**Tafel 7.** Die Widerstandsfähigkeit gegen Schlagregenbeanspruchung von je 10 verputzten und unverputzten Wänden

Zeit in Stunden



Nr.	Wandart	Dicke cm	Zeit bis zur 1. Durchfeuch- tung (Stunden)		Differenz aus 4 u. 5 (Stunden)
			ver- putzt	unver- putzt	
1	2	3	4	5	6
1	MZ 100	38	86	9	77
2	Kalksandsteine	38	125	60	65
3	Kalksandsteine	25	67	13	54
4	Hochlochziegel	24	82	10	72
5	Ziegelsplitt-Hohlblocksteine	24	75	20 Min.	75
6	Schlacken-Hohlblocksteine	24	68	30 Min.	67
7	Naturbims-Hohlblocksteine	24	68	20 Min.	68
8	Ziegelsplitt-Vollsteine	24	62	30 Min.	61
9	Schlacken-Vollsteine	24	65	45 Min.	64
10	Ytong-Blöcke	20	69	1	68
				Mittel:	67

- I  Zeit bis zur 1. Durchfeuchtung der unverputzten Wand
- II  Zeit bis zur 1. Durchfeuchtung der verputzten Wand
- III  Einfluß des Putzes (Differenz aus II und I)

künstlich mit feinen, durchgehenden Rissen versehen. Bei der dann durchgeführten Beregnung ergaben sich fast die gleichen Zeiten bis zur ersten Durchfeuchtung auf der Wandrückseite wie bei den unverputzten Wänden aus dem gleichen Material. Also spielt das Steinmaterial erst dann eine Rolle, wenn der Außenputz versagt. Der Grund dürfte darin zu suchen sein, daß durch den Putz die Luftdurchlässigkeit und die Wasserzuführung durch die Wand erheblich verringert wird.

#### 5.33 Der Einfluß der Fugenausbildung auf die Durchfeuchtung von Wänden.

Ein Unterschied zwischen mit Kalkzementmörtel und Kalkmörtel ausgemauerten Wänden zeigte sich nicht. Daher wurde später aus praktischen Gründen nur noch Kalkzementmörtel verwendet. Bei den hohlfügig aufgemauerten, unverputzten Wänden trat die erste Durchfeuchtung durchweg später ein als bei den vollfügig gemauerten Wänden (z.B. bei der 24 cm dicken Wand aus Ziegelsplittvollstein 60 Min. gegen 30 Min.). *falsch!* Anscheinend macht sich die unmittelbare kapillare Fortleitung des Wassers durch die Unterbrechung bei den Hohlfugen bemerkbar. Das Vergießen der Stoßfugen statt Vermauern brachte keine Verbesserung.

#### 5.34 Das nachträgliche Austrocknen der Versuchswände.

Die in Spalte 10 der Tafel 6 angegebenen Zeiten bis zum Abtrocknen der Wandinnenseiten nach dem Beregnungsversuch sind nur als grobe Anhalt zu werten. Es wurde jeweils nur die Austrocknung der Oberfläche bis auf wenige Millimeter Tiefe festgestellt. Auffallend schnell trockneten die Ytong- und Sincrex-Wände, während alle Ziegelarten die längste Zeit benötigten. Genaue Ergebnisse hatten nur durch häufiges Wiegen der Wände im Laufe der Austrocknung in Klima-Räumen festgestellt werden können.

### 6. Zusammenfassung

Die künstliche Beregnung der 40 Versuchswände aus 14 verschiedenen Baustoffen hat gezeigt, daß der Außenputz auf die Widerstandsfähigkeit gegen Schlagregen von größtem Einfluß ist.



Erst wenn der Putz nicht ordnungsgemäß aufgebracht wird oder bei ungeputzten Wänden spielt das Steinmaterial eine wichtige Rolle. Die schwächsten Stellen sind dann in der Regel die Fugen. Herr Oberbaurat Dr.-Ing. Bröcker - Kiel, der wie eingangs erwähnt, maßgeblich an der Aufstellung des Versuchsprogramms und der Durchführung der Versuche beteiligt war, schlägt daher mit Recht die von Cammerer eingeführte Einteilung in vier Hauptgruppen vor:

- a. Steine mit gleichmäßigem, röhrenartigem Feingefüge  
(z.B. ungesinterte Mauerziegel)
- b. Steine mit gleichmäßigem, körnigem Feingefüge  
(z.B. Kalksandstein)
- c. Steine mit kugeligen Lufteinschlüssen  
(z.B. Porenbeton)
- d. Steine aus feinporigen, groben Körnern.  
(z.B. Voll- und Hohlblockstein aus Leichtbeton).

Die Steine der Gruppe a und b haben eine große Kapillarleitfähigkeit und Saugfähigkeit, dagegen sind bei der Gruppe c Kapillarleitfähigkeit und Saugfähigkeit sehr gering, die Wasseraufnahmefähigkeit aber sehr groß. Die Steine der Gruppe c besitzen ebenfalls nur eine geringe Kapillarfähigkeit und Saugfähigkeit, die Wasseraufnahmefähigkeit ist sehr schwer zu messen, da ein Teil des Wassers infolge der Hohlräume wieder sofort ausfließt. Inwieweit diese Versuchsergebnisse sich mit Ergebnissen der Praxis vergleichen lassen, wird demnächst in einer gesonderten Arbeit in Verbindung mit Herrn Oberbaurat Dr.-Ing. Bröcker - Kiel veröffentlicht.